

Willi Gonzalez Osaka

**PLATAFORMA PARA AUXÍLIO AO
GERENCIAMENTO DA TECNOLOGIA MÉDICO-
HOSPITALAR EM AMBIENTES ASSISTENCIAIS DE
SAÚDE USANDO RFID**

**FLORIANÓPOLIS
2010**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**PLATAFORMA PARA AUXÍLIO AO
GERENCIAMENTO DA TECNOLOGIA MÉDICO-
HOSPITALAR EM AMBIENTES ASSISTENCIAIS DE
SAÚDE USANDO RFID**

Dissertação submetida à
Universidade Federal de Santa Catarina
como parte dos requisitos para a
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica

WILLI GONÇALEZ OSAKA

Florianópolis, Março de 2010

PLATAFORMA PARA AUXÍLIO AO GERENCIAMENTO DA TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR EM AMBIENTES ASSISTENCIAIS DE SAÚDE USANDO RFID

Willi Gonzalez Osaka

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Engenharia Biomédica, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina.

Renato Garcia Ojeda, Dr.
Orientador.

Roberto de Souza Salgado, Ph.D.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Banca Examinadora:

Renato Garcia Ojeda, Dr.
Presidente.

Sérgio Santos Mühlen, Dr.

José Marino Neto, Dr.

Jefferson Luiz Brum Marques, Ph.D.

AGRADECIMENTOS

À Deus...

e à minha família, principalmente ao meu pai, mãe e irmão. Muito obrigado!

Aos amigos.

Ao Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina
(IEB-UFSC).

Ao orientador: Renato Garcia, Dr.

E aos demais professores e colegas.

Aos membros da banca:

Sérgio Santos Mühlen, Dr.

José Marino Neto, Dr.

Jefferson Luiz Brum Marques, PhD.

Ao Centro de Gestão de Tecnologia Médico-Hospitalar (CEGED-TMH):

Engenheira Clínica: Sabrina Barros da Silva, ME.

Engenheiro Clínico: César Nonato Pederiva, ME.

Ao Grupo de Engenharia em Compatibilidade Eletromagnética – GEMCO, pelos ensaios
de compatibilidade eletromagnética relacionados às tags RFID.

Principalmente ao doutorando: Wilson Valente Júnior, ME.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

Resumo da Dissertação apresentada à UFSC como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

PLATAFORMA PARA AUXÍLIO AO GERENCIAMENTO DA TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR EM AMBIENTES ASSISTENCIAIS DE SAÚDE USANDO RFID

Willi Gonzalez Osaka

Março/2010

Orientador: Renato Garcia Ojeda, Dr.

Área de Concentração: Engenharia Biomédica.

Palavras Chave: Engenharia Clínica, gerenciamento da tecnologia médico-hospitalar e RFID.

Número de Páginas: 126.

Resumo: Nos últimos anos, as mudanças no perfil epidemiológico da população, e o novo paradigma do sistema de saúde com foco no atendimento remoto e personalizado no paciente, têm contribuído para um significativo incremento do parque tecnológico e mudanças no perfil da tecnologia médico-hospitalar. Este novo cenário do sistema de saúde implica em novos desafios para a engenharia clínica, na busca por soluções que contribuam para a criação de um ambiente interconectado e ubíquo. Isto integrando os diversos ambientes assistenciais de saúde em um único sistema que ofereça mobilidade para a prestação dos serviços de cuidados à saúde focados no paciente. Diante destes desafios, o presente projeto estudou três diferentes ambientes assistenciais de saúde, sob a óptica da engenharia clínica e das atividades de gerenciamento da tecnologia médico-hospitalar, nestes novos cenários de alta mobilidade da tecnologia. A partir disto, foi desenvolvida uma proposta de plataforma de auxílio ao gerenciamento do parque tecnológico, para supervisão e controle da tecnologia baseada na identificação por rádio frequência (RFID). Esta proposta foi avaliada, por meio de um protótipo implementado na unidade de terapia intensiva de um hospital e em simulações de ambientes, cujos resultados indicaram, neste novo contexto do sistema de saúde, um significativo potencial no auxílio à engenharia clínica para o gerenciamento do parque tecnológico de forma eficiente.

Abstract of Dissertation presented to UFSC as a partial fulfillment of the requirements for degree of Master in Electrical Engineering.

SUPPORT PLATFORM FOR THE MANAGEMENT OF HEALTHCARE TECHNOLOGY IN HEALTH ASSISTANCE ENVIRONMENTS USING RFID

Willi Gonzalez Osaka

March/2010

Advisor: Renato Garcia Ojeda, Dr.

Area of Concentration: Biomedical Engineering.

Keywords: Clinical Engineering, Healthcare Technology Management and RFID.

Number of Pages: 126.

Abstract: In the past years, the changes in the population's epidemiologic profile, and the new health system paradigm focused on remote and personalized assistance for the patient, has contributed with a significant increase in equipment inventory, and much wider deployment. This new health system paradigm implies new challenges for clinical engineering in the search for new solutions that contribute with the creation of an interconnected and ubiquitous environment, integrating the several healthcare environments in one system that offers mobility to the provision of healthcare services focused on the patient. Considering these challenges, the present project has studied three different healthcare environments from the point of view of clinical engineering and the activities of healthcare technology management in these new high technology mobility sceneries. Based upon the above, a proposal of a support platform was developed for the management of the health system's technology, for the supervision and control of technology based on radio frequency identification (RFID). This proposal has been evaluated through a prototype implemented in the intensive care unit of a hospital and in environment simulations, which results indicated, in this new health system context, a significant potential in the support to clinical engineering for the efficient management of the health systems technology.

PUBLICAÇÕES DA DISSERTAÇÃO

OSAKA, W.; AVELAR, P.; GARCIA, R. Health Technology Management in Prehospital Care Using Radio Frequency Identification. World Congress 2009. International Federation for Medical and Biological Engineering (IFMBE). IFMBE Proceedings 25/VII, pp. 593–596. Munich – Germany, 2009.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVO GERAL	4
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.3	JUSTIFICATIVA	5
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	7
2	TIC E RFID	9
2.1	LEITORES RFID	11
2.1.1	COMPONENTES FÍSICOS	11
2.1.2	COMPONENTES LÓGICOS	12
2.2	MEDIADOR	13
2.3	TAGS RFID	15
2.3.1	CIRCUITO INTEGRADO	15
2.3.2	ANTENA	16
2.3.3	ENCAPSULAMENTO	17
2.3.4	TAGS RFID PASSIVAS	18
2.3.5	TAGS RFID ATIVAS	19
2.3.6	TAGS RFID Wi-Fi	20
2.4	RTLS	21
3	ESTUDO DE CASOS	24
3.1	ESTUDO DE CASO I: ESTUDO DE ATIVIDADES RELACIONADAS AO GTMH EM HOSPITAIS	25
3.1.1	LOCALIZAÇÃO DAS TMH NOS HOSPITAIS	25
3.1.2	SAÍDA DAS TMH DOS HOSPITAIS SEM AUTORIZAÇÃO	26
3.1.3	PERDA DAS TMH NOS HOSPITAIS	27
3.2	ESTUDO DE CASO II: ESTUDO DE ATIVIDADES RELACIONADAS AO GTMH EM APH	28
3.2.1	UNIDADES AMBULATORIAIS	29
3.2.2	APH NA GRANDE FLORIANÓPOLIS.	29
3.3	ESTUDO DE CASO III: ESTUDO DE ATIVIDADES RELACIONADAS AO GTMH EM SAD	33
4	DEFINIÇÃO DA PTAG	38
4.1	MÓDULO PTAG-HOSPITAL	40
4.1.1	REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS PARA O MÓDULO PTAG-HOSPITAL	40
4.1.2	PROPOSTA DO MÓDULO PTAG-HOSPITAL	41
4.2	MÓDULO PTAG-APH	44
4.2.1	REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS PARA O MÓDULO PTAG-APH	45
4.2.2	PROPOSTA DO MÓDULO PTAG-APH	45
4.3	MÓDULO PTAG-SAD	49
4.3.1	REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS PARA O MÓDULO PTAG-SAD	49
4.3.2	PROPOSTA DO MÓDULO PTAG-SAD	50
5	PROTOTIPAÇÃO	53
5.1	ESTUDO DE VIABILIDADE DO PROTÓTIPO	55
5.1.1	OBJETIVO DO PROTÓTIPO	55
5.1.2	DEFINIÇÃO DO AMBIENTE PARA IMPLANTAÇÃO DO PROTÓTIPO	55
5.1.3	DISPONIBILIZAÇÃO DOS RECURSOS NECESSÁRIOS	56
5.2	ESPECIFICAÇÃO DO PROTÓTIPO	57
5.3	DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	58

5.4	VERIFICAÇÃO DOS REQUISITOS	69
5.5	AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO	71
5.5.1	QUESITO 1: AVALIAÇÃO DAS DIMENSÕES FÍSICAS E PESO DAS TAGS.	74
5.5.2	QUESITO 2: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE IDENTIFICAÇÃO REMOTA DAS TMH.	75
5.5.3	QUESITO 3: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE LOCALIZAÇÃO APROXIMADA DA TMH.	76
5.5.4	QUESITO 4: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE IDENTIFICAR A SAÍDA DA TMH DE UM DETERMINADO SETOR.	77
5.5.5	QUESITO 5: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ENVIAR UMA SOLICITAÇÃO DE AUXÍLIO À EC.	78
5.5.6	QUESITO 6: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DOS EVENTOS.	79
5.5.7	QUESITO 7: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE AUXILIAR A EC NA REALIZAÇÃO DE ALGUMAS ATIVIDADES RELACIONADAS AO GTMH.	80
5.5.8	QUESITO 8: ENSAIO DE CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS IRRADIADOS PELA TAG RFID.	81
5.5.9	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	83
6	<u>CONCLUSÃO</u>	85
6.1	TRABALHOS FUTUROS	88
7	<u>APÊNDICE A: APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA RFID NA ÁREA DA SAÚDE</u>	90
7.1	GERENCIAMENTO DO BANCO DE SANGUE	91
7.2	CONTROLE NEONATAL	92
7.3	CONTROLE DE MEDICAMENTOS	93
8	<u>APÊNDICE B: AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS EM SAÚDE APLICADA À PTAG</u>	96
8.1	SEGURANÇA	99
8.1.1	COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA DA TECNOLOGIA RFID COM OS EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS	99
8.1.2	REQUISITOS PARA A SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO NA SAÚDE APLICADOS À PROPOSTA DA PTAG	103
8.2	EFICÁCIA: ANÁLISE SWOT APLICADA À PROPOSTA DA PTAG	105
8.3	EFETIVIDADE: ESTUDO DA EFETIVIDADE DE APLICAÇÕES BASEADAS NA TECNOLOGIA RFID APLICADO À PROPOSTA DA PTAG	108
8.4	IMPACTO ECONÔMICO: ESTUDO DE RETORNO EM QUALIDADE APLICADO À PROPOSTA DA PTAG	110
8.5	IMPACTO ÉTICO: PRIVACIDADE E DIREITOS PESSOAIS ENVOLVENDO A TECNOLOGIA RFID	113
9	<u>APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO APLICADO NO ESTUDO DE CASO RELACIONADO ÀS ATIVIDADES DE GTMH EM HOSPITAIS</u>	115
10	<u>APÊNDICE D: QUESTIONÁRIO APLICADO NO ESTUDO DE CASO RELACIONADO ÀS ATIVIDADES DE GTMH EM APH</u>	117
11	<u>APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO APLICADO PARA AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO</u>	119
12	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Proposta da PTAG no Novo Paradigma do Sistema de Saúde.	3
Figura 2 – Modelo de um Sistema RFID.	11
Figura 3 – Componentes Físicos do Leitor RFID.	12
Figura 4 – Componentes Lógicos do Leitor RFID.	13
Figura 5 – Coleta e Filtragem de Dados.	14
Figura 6 – Constituição Básica de uma Tag RFID.	15
Figura 7 – Diferentes Tipos de Antena para Tags RFID	17
Figura 8 – Modelo de Tags RFID Passivas.	18
Figura 9 – Modelo de Tags RFID Ativas.	19
Figura 10 – Modelo de um Sistema para Localização em Tempo Real da Tag RFID.	22
Figura 11 – Ilustração do POP para APH.	31
Figura 12 – Modelo Macro da PTAG.	39
Figura 13 – Modelo de Posicionamento dos Pontos de Acesso para Realizar a Aplicação de RTLS no Módulo PTAG-Hospital.	42
Figura 14 – Gerenciamento da TMH de Forma Remota pela EC Através de uma TIC Conectada à Rede Hospitalar.	43
Figura 15 – Modelo da PTAG-Hospital Ilustrando as Diferentes Classes de Usuários: Engenheiro Clínico, Corpo Clínico e Profissionais da Saúde.	44
Figura 16 – Modelo do Módulo PTAG-APH Ilustrando as Diferentes Classes de Usuários: Almoxarifado, EC e RO.	47
Figura 17 – Modelo do Módulo PTAG-SAD Ilustrando as Diferentes Classes de Usuários: Engenheiro Clínico, Equipe Multidisciplinar e Responsáveis Pelo Paciente.	50
Figura 18 – Tela de Demonstração para Aplicações de Monitoramento de Temperatura dos Equipamentos Eletromédicos.	51
Figura 19 – Modelo de Prototipação da PTAG.	54
Figura 20 – Posicionamento dos Pontos de Acesso na Sala de Reuniões e Corredor de Acesso à UTI.	58
Figura 21 – Modelo do Protótipo do Módulo PTAG-Hospital Implementado na UTI do Hospital de Florianópolis.	59
Figura 22 – Definição dos Trajetos pelos Quais os Equipamentos são Geralmente Transportados.	60
Figura 23 – Trajetos Pelos Quais Foram Realizadas Medições e Registros dos Campos Eletromagnéticos Gerados pelos Pontos de Acesso IEB-UFSC1 e IEB-UFSC2.	61
Figura 24 – Resultados das Medições dos Campos Eletromagnéticos Realizadas na UTI Geral e Áreas Adjacentes.	62
Figura 25 – Teste Realizado Para Verificar a Capacidade do Protótipo em Localizar de Forma Aproximada a Tag.	63

Figura 26 – Anexação das Tags aos Equipamentos: Ventilador Pulmonar e Equipamento de Ultra-Som.	64
Figura 27 – Tela com a Localização Aproximada dos Equipamentos Identificados pelas Tags na UTI Geral.	65
Figura 28 – Tela Funcionalidades Disponibilizadas na Interface do Protótipo.	67
Figura 29 – Exemplo de Notificação de Movimentação da Tag.	68
Figura 30 – Exemplo Modelo da Metodologia Usada Para a Verificação dos Requisitos.	69
Figura 31 – Modelo Usado Para Avaliação do Protótipo.	72
Figura 32 – Ensaio de Nível de Campos Eletromagnético Irradiado pela Tag RFID Wi-Fi em uma Câmara de Ensaio para Campo Distante.	81
Figura 33 – Ilustração do Sistema para Verificação de Compatibilidade Sanguínea Entre o Paciente e a Bolsa de Sangue Antes da Transfusão.	92
Figura 34 – Modelo da Aplicação da Tecnologia RFID no Setor Neonatal.	93
Figura 35 – Malha Percorrida pelos Medicamentos: Partindo das Indústrias de Medicamentos Até os Hospitais e Farmácias.	94
Figura 36 – Modelo da Revisão Sistemática Aplicado à Proposta da PTAG.	97
Figura 37 – Modelo de Filtragem dos Dados Utilizados na Avaliação da Tecnologia em Saúde.	98
Figura 38 – Norma IEC 60601-1-1 e as Normas Particulares e Colaterais.	100
Figura 39 – Modelo Para a Obtenção do Retorno de Investimentos em Qualidade nos EAS.	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo Entre Tecnologias de Identificação.	10
Quadro 2 – Características do SAD no Brasil.	34
Quadro 3 – Equipamentos Básicos do SAD.	35
Quadro 4 – Especificação de Tecnologias para a PTAG.	39
Quadro 5 – Requisitos para o Módulo PTAG-Hospital.	40
Quadro 6 – Funcionalidades do Módulo PTAG-Hospital Definidas por Categorias de Usuários.	44
Quadro 7 – Requisitos para o Módulo PTAG-APH.	45
Quadro 8 – Funcionalidades Disponíveis para Cada Categoria de Usuário do Módulo PTAG-APH.	47
Quadro 9 – Requisitos para o Módulo PTAG-SAD.	49
Quadro 10 – Funcionalidades Disponíveis para Cada Categoria de Usuário do Módulo PTAG-SAD.	52
Quadro 11 – Características da UTI do Hospital de Florianópolis.	55
Quadro 12 – Itens Pertencentes ao Kit de Avaliação da Tecnologia RFID.	56
Quadro 13 – Tabela de Dados da Tag T301.	56
Quadro 14 – Requisitos do Protótipo de PTAG-Hospital.	57
Quadro 15 – Configurações Definidas ao Ponto de Acesso 1.	59
Quadro 16 – Configurações das Tags.	63
Quadro 17 – Regras Definidas e Aplicadas às TMH.	67
Quadro 18 – <i>Checklist</i> dos Requisitos Funcionais do Protótipo.	69
Quadro 19 – Distribuição das Aplicações nos EAS.	91
Quadro 20 – Comparativo Entre as Potências Eletromagnéticas Irradiadas por Diferentes TIC Presentes nos EAS.	101
Quadro 21 – Anagrama da Análise SWOT Aplicada à Proposta da PTAG.	106
Quadro 22 – Análise SWOT da PTAG.	107
Quadro 23 – Alguns dos Investimentos Necessários à Implantação da PTAG.	111
Quadro 24 – Retorno de Investimentos Qualitativo e Financeiro.	113

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição dos Engenheiros Clínicos que Responderam ao Questionário em Relação ao Quesito: Dificuldade na Localização da TMH nos Hospitais.	26
Gráfico 2 – Distribuição dos Engenheiros Clínicos que Responderam ao Questionário em Relação ao Quesito: Saída das TMH dos Hospitais Sem Autorização.	26
Gráfico 3 – Distribuição dos Engenheiros Clínicos que Responderam ao Questionário em Relação ao Quesito: Perda das TMH nos Hospitais.	27
Gráfico 4 – Gráfico de Incidência de Mortes em Acidentes.	28
Gráfico 5 – Gráfico de Chamadas Realizadas ao APH da Grande Florianópolis.	30
Gráfico 6 – Quesito 1: Avaliação das dimensões físicas e peso das tags.	74
Gráfico 7 – Quesito 2: Avaliação da capacidade de identificação remota das TMH.	75
Gráfico 8 – Quesito 3: Avaliação da capacidade de localização aproximada da TMH.	76
Gráfico 9 – Quesito 4: Avaliação da capacidade de identificar a saída da TMH de um determinado setor.	77
Gráfico 10 – Quesito 5: Avaliação da capacidade de enviar uma solicitação de auxílio à EC.	78
Gráfico 11 – Quesito 7: Avaliação da capacidade de armazenamento dos eventos.	79
Gráfico 12 – Quesito 7: Avaliação da capacidade de auxiliar a EC na realização de algumas atividades relacionadas ao gTMH.	80
Gráfico 13 – Nível de Campo Eletromagnético Irradiado pela Tag RFID Wi-Fi em Função da Frequência.	82
Gráfico 14 – Previsão de Investimentos da Tecnologia RFID nos EAS.	90
Gráfico 15 – Distribuição Estatística dos EEM Quanto ao Tipo de Adequação às Normas de Qualidade e Segurança na UTI Pediátrica do Hospital de Clínicas da Unicamp, Realizado em 2005.	102
Gráfico 16 – Fatores que Motivaram a Adoção de Ferramentas de Gerenciamento de Informações Usando RFID.	108
Gráfico 17 – Benefícios Obtidos Com a Implantação da Ferramenta de Gerenciamento de Informações Usando RFID.	109
Gráfico 18 – Análise de Investimentos que Exigem uma Maior Parcela dos Recursos Financeiros na Implantação de Ferramentas Baseadas na Tecnologia RFID.	112

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ATS – Avaliação de Tecnologias em Saúde
APH – Atenção Pré-Hospitalar
CEM – Compatibilidade Eletromagnética
CI – Circuito Integrado
EAS – Estabelecimentos Assistenciais de Saúde
EC – Engenharia Clínica
EEM – Equipamentos Eletromédicos
ESS – Ekahau Site Survey
GTMH – Gestão de Tecnologia Médico-Hospitalar
gTMH – Gerenciamento de Tecnologia Médico-Hospitalar
IEM – Interferência Eletromagnética
LAN – Local Array Network
MAC – Controle de Acesso ao Meio
OS – Ordem de Serviço
PDA – Assistente Pessoal Digital
PDS – Processamento Digital de Sinais
POP – Procedimento Operacional Padrão
PSK – Chave Pré-Compartilhada
PTAG – Plataforma de Auxílio ao gTMH
PTAG-Hospital – Plataforma de Auxílio ao gTMH em Hospitais
PTAG-APH – Plataforma de Auxílio ao gTMH em APH
PTAG-SAD – Plataforma de Auxílio ao gTMH em SAD
RF – Requisitos Funcionais
RFID – Identificação por Rádio Frequência
RNF – Requisitos Não Funcionais
RO – Rádio Operador
ROI – Retorno de Investimento
ROQ – Retorno em Qualidade **RTLS** – *Real Time Locating System*
SAD – Serviço de Atenção Domiciliar
SI – Sistema de Informação
TARM – Técnico de Atendimento de Regulação Médica
TMH – Tecnologia Médico-Hospitalar
TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação
USA – Unidade de Suporte Avançado
USB – Unidade de Suporte Básico

WAN – Rede de Longa Distância

1 INTRODUÇÃO

A medicina moderna iniciou-se na virada do século XX. Antes disto os recursos disponíveis para o aporte aos serviços de cuidados à saúde eram, principalmente, a ciência, os médicos e suas malas pretas. Nesta época muitos dos serviços de cuidados à saúde eram realizados por pessoas experientes das comunidades. O quarto era o maior espaço para tratamento e recuperação, e parentes e amigos compunham o corpo de enfermagem (RIDGWAY, JOHNSTON & McCLAIN, 2004).

Somente no século XX a explosão do conhecimento científico e tecnológico possibilitou o desenvolvimento do sistema de cuidados à saúde com os hospitais, médicos especialistas e enfermeiros com suas mais variadas funções. Desde então, avanços nas ciências básicas (engenharia, química, fisiologia, farmacologia, entre outras) começaram a ocorrer mais rapidamente, contribuindo para o desenvolvimento de novas tecnologias médico-hospitalares (TMH) (BRONZINO, 2004).

Tal avanço científico e tecnológico foi acelerado pela II Guerra Mundial, onde tecnologias desenvolvidas para fins militares tornaram-se, em seguida, precursoras para o desenvolvimento de aplicações pacíficas, beneficiando a área da saúde. Sonares submarinos serviram de base para o desenvolvimento de *scanners* de ultra-som. Após isto surgiram os equipamentos de radioterapia, equipamentos de diálise e válvulas cardíacas artificiais, marca-passo, próteses, entre outras (BRONZINO, 2004).

O impacto destes avanços tecnológicos sobre as TMH foi profundo. Os serviços de cuidados à saúde passaram dos médicos, com suas malas pretas, para o médico apoiado pela infra-estrutura hospitalar. O diagnóstico e terapia de doenças, antes realizada com base na experiência e intuição do médico, começou a depender amplamente das novas tecnologias (BRONZINO, 2004).

Atualmente, microprocessadores executam a função nevrálgica dos equipamentos, e o desenvolvimento das tecnologias da informação e comunicação (TIC) oferece ferramentas para a rápida coleta, processamento, análise, armazenamento e transferência dos dados clínicos. Além disto, a difusão das redes sem fio tem abrangido também os

estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS), permitindo aplicações de telemetria¹, telemedicina², prontuário eletrônico, entre outras (COHEN, 2004).

Esta mudança no perfil da TMH, somada às mudanças no perfil epidemiológico da população, têm contribuído para a convergência do atual sistema de saúde a um novo paradigma. Neste, ocorre a descentralização dos hospitais e passa para a abrangência dos EAS, que incluem não somente os hospitais mas também os postos de saúde, atendimento pré-hospitalar (APH) e até mesmo os domicílios (serviço de atenção domiciliar - SAD). Com isto, o paciente torna-se o foco deste novo paradigma, que visa promover os serviços de cuidados à saúde onde estiver o paciente.

Porém, diante deste novo paradigma, pergunta-se qual o impacto destas mudanças decorrentes do atual cenário do sistema de saúde sobre a Engenharia Clínica (EC), e se é possível a EC continuar atuando sobre a TMH do mesmo modo que era feito anteriormente (COHEN, 2004).

Segundo COHEN (2004), a estas perguntas ainda não existe um consenso. Entretanto, alguns EAS têm se reestruturado para melhor gerenciar a TMH neste novo cenário.

Remontando a história da EC desde a década de 70, na qual o engenheiro clínico era intimamente relacionado às atividades de manutenção da TMH, até os dias atuais, nos quais o engenheiro clínico procura estudar e implementar métodos de gestão (GTMH) e gerenciamento da tecnologia médico-hospitalar (gTMH), pode-se afirmar que a EC é uma atividade dinâmica, que está em constante evolução, visando realizar a GTMH e o gTMH eficiente mediante não somente às mudanças no perfil da tecnologia, mas às tendências do sistema de saúde (ZAMBUO, 2004); (MORAES, L.; et al, 2007).

Por tudo isto, o presente projeto, acompanhando a evolução da EC dentro das atividades de gTMH, propõe o estudo e a definição de uma plataforma de auxílio ao gTMH (PTAG) nos EAS usando TIC. Apoiando-se especialmente no aporte da tecnologia RFID, que tem apresentado resultados significativos nos EAS auxiliando na realização do gTMH eficiente (EUROPEAN COMMISSION, 2008).

¹ telemetria: na área da saúde, é a tecnologia que permite a medição e comunicação de informações do paciente de forma remota.

² telemedicina: são cuidados com a saúde, através de TIC, em casos onde a distância é um fator crítico.

Espera-se com isto, conforme o modelo da Figura 1, que a PTAG diminua os obstáculos conseqüentes do novo paradigma do sistema de saúde entre a EC e a TMH, e aporte a consolidação de um EAS interconectado, ubíquo, e ao mesmo tempo dinâmico e onipresente (COHEN, 2004).

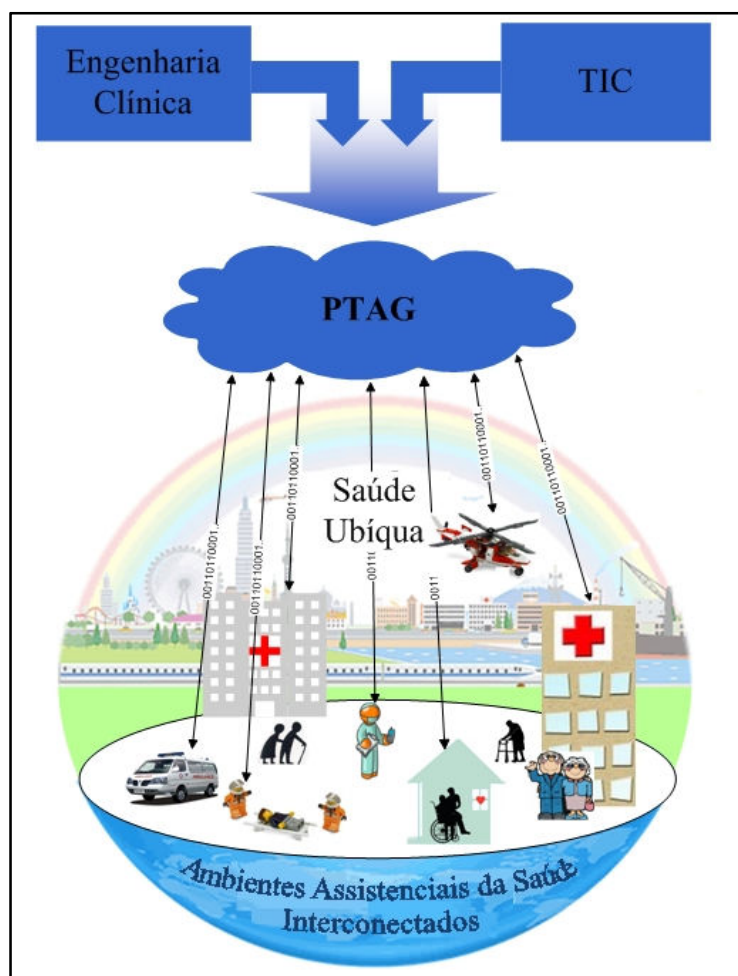


Figura 1 – Proposta da PTAG no Novo Paradigma do Sistema de Saúde.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo desta pesquisa foi estudar e propor uma plataforma tecnológica de apoio à EC no gTMH focado no contexto de mobilidade da TMH e uso de TIC.

1.2 Objetivos Específicos

Com o desenvolvimento da proposta, visou-se:

- Analisar o papel da EC frente ao novo paradigma do sistema de saúde. Identificando, neste contexto, atividades da EC relacionadas ao gTMH eficiente, que são passíveis de melhorias através do desenvolvimento e incorporação de uma plataforma baseada em TIC, para o auxílio às atividades de gTMH;
- Estudar as TIC, dando enfoque à tecnologia RFID. E, a partir de um comparativo metodológico e sistemático, definir tecnologias que integrarão a proposta, mediante sua contribuição à viabilização da mesma;
- Realizar o estudo de caso em diferentes ambientes assistenciais de saúde, que permitam identificar, nos diferentes cenários, atividades relacionadas ao gTMH passíveis de melhorias. E, contribuir para o desenvolvimento e definição da plataforma;
- Definir e propor, para os diferentes ambientes assistenciais de saúde estudados, uma plataforma de auxílio à EC na realização de algumas atividades que visam o gTMH eficiente;
- Avaliar a proposta através do desenvolvimento e implementação de um protótipo nos EAS.

1.3 Justificativa

Conforme abordado, o novo paradigma do sistema de saúde visa colocar o paciente como foco do sistema, promovendo os serviços de cuidados à saúde onde ele estiver, através de um ambiente dinâmico e descentralizado dos hospitais. Para isto, o perfil das TMH tem se alterado, apoiado pelo desenvolvimento das TIC e na difusão das redes sem fio, com o objetivo de oferecer aporte tecnológico à consolidação deste sistema.

Além da mudança no perfil da TMH, os EAS vêm sofrendo um significativo incremento em seu parque tecnológico, resultante de um conjunto de fatores, como: a necessidade de suprir o aumento na demanda de pacientes gerado pelo aumento e relativo envelhecimento populacional, melhorias nas condições de acesso aos EAS, demanda de novas soluções tecnológicas no diagnóstico e tratamento pela indústria de TMH, e a incorporação destas tecnologias pelo sistema de saúde visando à melhoria na qualidade dos cuidados à saúde (IBGE, 2008; ABIMO, 2008).

Contudo, este novo cenário dos EAS traz consigo, além da melhoria na qualidade de vida, conseqüências que afetam não somente a EC, mas todo o EAS, o corpo clínico e pacientes.

Uma destas conseqüências é a dificuldade na localização da TMH nos hospitais, que pode implicar na utilização desproporcional dos equipamentos, causando desgaste prematuro em alguns deles enquanto outros se tornam subutilizados, compra desnecessária de novos equipamentos motivada pela dificuldade na sua localização, e dificuldade da EC no gerenciamento eficiente do parque tecnológico (EUROPEAN COMMISSION, 2008), (SUPPLY INSIGHT, 2006).

Além disto, em algumas modalidades de atendimento, como no APH, que foca suas ações nos primeiros cuidados ao paciente fora do âmbito hospitalar, a necessidade de velocidade no atendimento, repetição da rotina várias vezes ao dia, e ausência de um sistema de auxílio ao gerenciamento do parque tecnológico, têm contribuído para uma significativa dificuldade na realização do gTMH eficiente, resultando, muitas vezes, na perda dos equipamentos no próprio local do atendimento ou esquecimento dos mesmos nos hospitais.

Da mesma forma, no SAD, que é uma tendência do novo paradigma do sistema de saúde, cujas ações visam a melhoria da qualidade de vida dos pacientes, redução dos custos

com internação, e aumento da rotatividade e disponibilidade dos leitos nos hospitais, o uso de uma ferramenta adequada pode auxiliar a EC no gerenciamento remoto dos equipamentos no domicílio do paciente, prevenir riscos por influência de fatores humanos, ambientais e materiais, e impulsionar o desenvolvimento sustentável desta tendência (TAVALORI, FERNANDES e MEDINA, 2000).

Por estes motivos, a proposta da PTAG, desenvolvida sob o potencial apresentado pela tecnologia RFID no gerenciamento de ativos ao longo dos últimos anos, segue uma tendência que visa contribuir para a consolidação do novo paradigma do sistema de saúde através de um sistema ubíquo, interconectando os diversos EAS, como hospitais, postos de saúde, APH e SAD, permitindo a troca de informações em tempo integral. E, ao mesmo tempo, aumentar a atuação da EC sobre a TMH de forma remota, auxiliar os profissionais da saúde na otimização de processos e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é composta de onze capítulos, além do capítulo destinado às referências bibliográficas. O primeiro capítulo é dedicado à introdução de conceitos relacionados às mudanças no atual cenário do sistema de saúde, e o papel da EC neste contexto, bem como definir os objetivos gerais e específicos da proposta.

O segundo capítulo aborda o uso de TIC como suporte tecnológico ao desenvolvimento da plataforma. Neste capítulo, são estudadas diferentes tecnologias de identificação, dando maior enfoque à tecnologia RFID. Em sequência, é apresentado um comparativo técnico entre as tecnologias estudadas neste capítulo, permitindo que sejam analisados, de forma criteriosa, os potenciais de cada tecnologia para o desenvolvimento da plataforma.

No terceiro capítulo, o estudo de casos, realizado com base na proposta da presente dissertação, coletou informações de diferentes ambientes assistenciais de saúde. Através deste estudo foram identificadas atividades da EC relacionadas ao gTMH nos diferentes cenários, que podem ser otimizadas através do desenvolvimento e implantação da plataforma proposta.

A partir das informações coletadas no estudo de casos, no quarto capítulo é definida a plataforma. Para tal, foram utilizados recursos da ferramenta *Unified Modeling Language* (UML), que contribuíram para a modelagem da plataforma, e a definição dos requisitos funcionais e não funcionais (MEDEIROS, 2004). A plataforma é composta por três módulos: PTAG-Hospital, PTAG-APH e PTAG-SAD, que são aplicações da plataforma customizada às características singulares de cada ambiente abordado no estudo de casos.

Para avaliar e validar a proposta da PTAG no quinto capítulo é utilizada a metodologia baseada em prototipação. Assim, dois protótipos são desenvolvidos no setor de unidade de terapia intensiva (UTI) de um hospital de Florianópolis e em um ambiente simulado para teste nos laboratórios do IEB-UFSC. Estes protótipos foram submetidos à avaliação por meio de questionário, abordando quesitos funcionais e de *hardware*, e aplicados aos especialistas da área.

No sexto capítulo são discutidas e apresentadas as conclusões decorrentes da realização deste projeto, no qual são igualmente destacadas as limitações e dificuldades

enfrentadas. Além disto, são sugeridos trabalhos futuros, que visam contribuir para o segmento desta proposta.

Visando complementar o estudo de TIC, o sétimo capítulo, estruturado na dissertação como apêndice, apresenta uma revisão de aplicações da tecnologia RFID na área da saúde.

No oitavo capítulo, a avaliação de tecnologias em saúde (ATS) foi proposta com o objetivo de prover uma análise multifocal da PTAG, colocando em pauta os quesitos: segurança, eficácia, efetividade, impacto econômico e impacto ético. Para tal, realizou-se uma revisão sistemática baseada em evidências a partir da identificação e estudos de projetos paralelos

Do nono ao décimo primeiro capítulos são apresentados, respectivamente, os questionários relacionados às atividades de gTMH em hospitais e APH, e o questionário aplicado aos especialistas da área de engenharia biomédica para avaliação do protótipo implementado em um hospital de Florianópolis.

2 TIC E RFID

TIC é o termo que abrange uma gama de tecnologias, dispositivos, sistemas e serviços que facilitam a produção, processamento, distribuição, transmissão e comunicação de informações (HAMALAINEN, PIRINEN, SHELBY, 2007). Dentro deste contexto de TIC encontra-se a tecnologia RFID, que é evidenciada neste projeto devido ao seu significativo aporte para o desenvolvimento da proposta.

RFID é um acrônimo do termo “*Radio Frequency Identification*”, que descreve um sistema de identificação a partir de ondas de rádio frequência, ondas eletromagnéticas, e um dispositivo eletrônico anexado a um item para realizar a identificação e comunicação do sistema (WYLD, 2007); (GLOVER, 2007).

A tecnologia RFID foi criada pelo projeto secreto britânico, liderado por Watson-Walt, em meados da II Guerra Mundial para a identificação de aeronaves aliadas, onde as tags, colocadas em cada aeronave britânica, respondiam aos sinais eletromagnéticos emitidos pela estação de radar no solo (SWEENEY, 2007).

Avanços nos estudos da tecnologia prosseguiram sob forte influência do instituto de tecnologia de Massachussets, em conjunto com centros de pesquisa dos EUA, Europa e Japão, viabilizando outras aplicações para o sistema RFID.

Mesmo sob constantes estudos e aperfeiçoamentos, foi somente na última década que o RFID se tornou uma tecnologia economicamente viável ao gerenciamento de informações, devido principalmente à redução dos custos das tags (SWEENEY, 2007).

Evoluindo paralelamente com as TIC, o RFID tem se destacado como a nova geração de sistemas de identificação. Tal destaque se deve às suas capacidades de: comunicação à distância e sem visada entre o leitor e a tag, armazenamento de dados, e realizar a localização e rastreamento automático dos itens.

No Quadro 1 é apresentado um comparativo técnico entre a tecnologia RFID e algumas tecnologias de identificação.

Quadro 1 – Comparativo Entre Tecnologias de Identificação.
Modificado de: SWEENEY (2007).

Comparativo Entre Tecnologias de Identificação.				
	Código de Barras	Cartão de Memória	RFID Passivo	RFID Ativo
Capacidade de Alteração dos Dados.	Não alterável.	Alterável.	Alterável.	Alterável.
Segurança dos Dados.	Baixo nível de segurança.	Alto nível de segurança.	Entre baixo e alto nível de segurança.	Alto nível de segurança.
Capacidade de armazenamento de dados.	Código de barras linear: de 8 a 30 caracteres.	Acima de 8 Mb.	Acima de 64 Kb.	Acima de 8 Mb.
Custo relativo.	Baixo.	Alto (mais de R\$ 2 por item).	Médio (menos de R\$ 0,50 por item).	Muito alto (entre R\$ 10 e 200 por item).
Padrão.	Padronizado.	Proprietário, não padronizado.	Em evolução para padronização.	Proprietário e evoluindo para abertura.
Vida útil.	Curta.	Longa.	Indefinida.	3 a 5 anos, dependendo da bateria.
Distância de leitura.	Até 1,5 metros com visada.	Apenas por contato.	15 metros, dependendo da frequência do sinal.	Até 100 metros.
Rastreamento e localização.	Manual.	Manual.	Automático.	Automático.

O sistema RFID é formado por três componentes principais (WYLD, 2007); (GLOVER, 2007):

- Tag RFID: dispositivo responsável pela identificação dos itens;
- Leitor RFID: constituído pelo leitor e a antena, que são responsáveis pelo reconhecimento da presença das tags e leitura de suas informações;
- Mediador: sistema necessário para a integração dos componentes a um sistema de informações.

A interatividade desses componentes deve permitir a identificação e leitura das informações armazenadas na tag via rádio frequência, como apresentado na Figura 2.

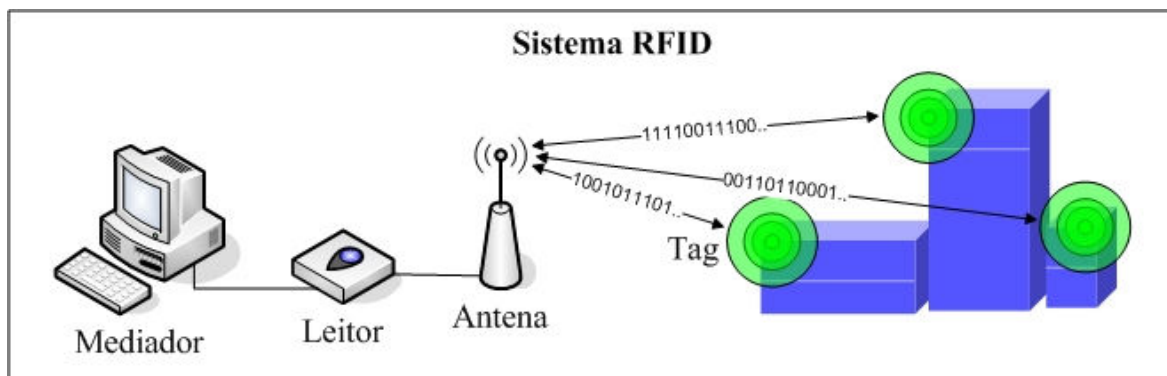


Figura 2 – Modelo de um Sistema RFID.

2.1 Leitores RFID

Leitores RFID realizam a interface entre as tags RFID e o SI (através do mediador). Estes são responsáveis pelo reconhecimento da presença das tags, leitura e armazenamento de informações nas mesmas, filtragem dos eventos e comunicação com o SI.

Os leitores RFID são constituídos de componentes físicos e componentes lógicos (GLOVER, 2007).

2.1.1 Componentes Físicos

Componentes físicos são componentes integrantes do leitor RFID os quais encontram-se fisicamente inseridos na placa do circuito. Conforme a Figura 3, alguns dos componentes físicos que integram o leitor RFID são (GLOVER, 2007):

- antena: dispositivo responsável pela comunicação das tags com o leitor através de sinais de RF, onde sua eficiência está relacionada às características de diretividade (capacidade de armazenar a energia irradiada em uma determinada direção), ganho (define a eficiência da antena e pode ser calculada como resultado da diretividade menos as perdas) e polarização (orientação das ondas eletromagnéticas a partir da antena);
- interface de rede: a interface de rede é responsável pela comunicação com o mediador, e pode variar de acordo com o tipo de leitor. Geralmente os sistemas RFID aproveitam a rede de comunicação já existentes nos ambientes para a realização da interface dos leitores com os mediadores. Por

isto, é comum a disponibilidade das interfaces de rede nos padrões RS232³, RS485⁴ ou Ethernet para leitores RFID. Contudo, é importante ressaltar que nos últimos anos também têm crescido o número de leitores com interface Wi-Fi, Bluetooth e ZigBee.

- circuito de processamento digital de sinais (PDS): o circuito PDS integra a placa do leitor através de um circuito integrado (CI) que modula o sinal com informações a serem enviadas às tags.
- controlador: o controlador é o dispositivo central do leitor, onde são gerenciadas suas funções. Por ele passam todas as informações do leitor e são tomadas as devidas decisões, de acordo com as especificações do sistema.

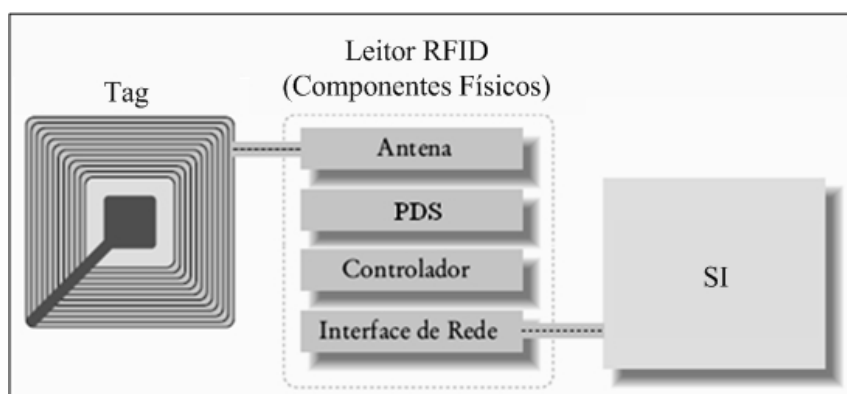


Figura 3 – Componentes Físicos do Leitor RFID.
Modificado de: SWEENEY, 2007.

2.1.2 Componentes Lógicos

Além dos componentes físicos, os leitores RFID possuem subsistemas que realizam atividades distintas. Conforme apresentado na Figura 4, dentre estes subsistemas pode-se citar: API do leitor, comunicação, gerenciamento de eventos e subsistema da antena.

³ interface de comunicação por fios com taxa de transmissão de dados de 9,600 a 115,2 kbps, comprimento dos fios restrito a 30 metros e comunicação individual ponto-a-ponto.

⁴ interface de comunicação por fios com taxa de transmissão de dados de 2,5 Mbps, comprimento dos fios acima de 1.200 metros e protocolo de multiplexação, permitindo a conexão de vários dispositivos ao mesmo cabo.

- API do leitor: acrônimo das palavras em inglês “*application programming interfaces*”, são um conjunto de rotinas que permitem ao usuário acessar e manipular as configurações e funcionalidades do leitor;
- comunicação: o subsistema de comunicação está relacionado às rotinas e protocolos de comunicação entre o leitor RFID e o mediador;
- gerenciamento de eventos: o gerenciamento de eventos permite filtrar as informações obtidas das tags antes de enviá-las ao SI. Com este subsistema o usuário pode definir quais tipos de eventos relacionados às tags ele gostaria de ser informado, evitando o sobre carregamento da rede com informações que podem ser desnecessárias ao usuário;
- subsistema da antena: este subsistema controla a antena e realiza sua interface lógica com o leitor.



Figura 4 – Componentes Lógicos do Leitor RFID.
Modificado de: SWEENEY, 2007.

2.2 Mediador

Mediador é um neologismo aplicado na área de tecnologias da informação que nomeia camadas de *software* que não estão diretamente relacionadas às aplicações específicas do sistema, mas fornecem suporte para que estas possam ser executadas.

O mediador do sistema RFID movimenta os dados entre as tags e o SI. Ou seja, em um processo de leitura de tags, o mediador movimenta os dados contidos nas tags para o SI, e no caso de um processo de escrita, o mediador movimenta os dados do sistema para a memória das tags. Além disto, a utilização do mediador para realização da interface do sistema RFID fornece recursos como (HUNT, et. al., 2007):

- coleta de dados: o mediador é responsável pela extração, agregação, tratamento e filtragem dos dados de múltiplos leitores RFID e encaminhamento para a rede. Deste modo, somente os dados considerados relevantes ao sistema têm acesso à rede, evitando o congestionamento da mesma com informações de pouca relevância ao SI e ao processo de tomada de decisão, conforme ilustrado na Figura 5.

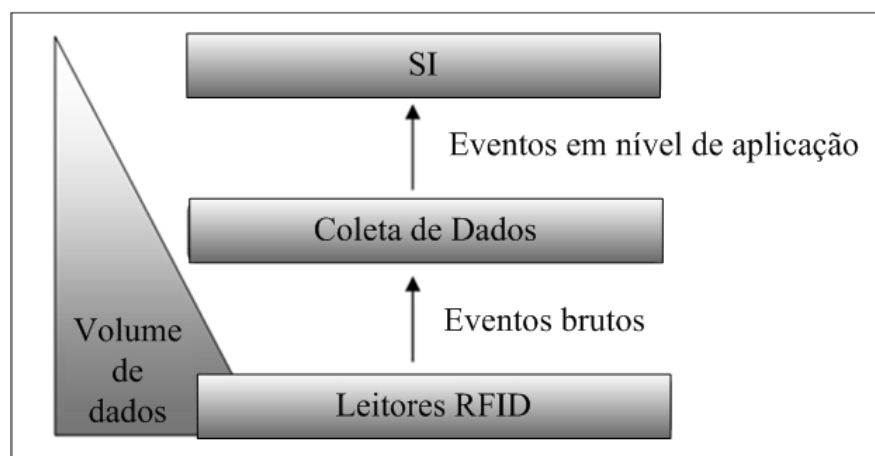


Figura 5 – Coleta e Filtragem de Dados.
Modificado de: GLOVER, 2007.

- direcionamento dos dados: o mediador pode ser responsável pela otimização do fluxo de informações na rede de comunicação, ao direcionar os dados somente para o local apropriado onde o mesmo é requisitado;
- gerenciamento de processos: as diversas aplicações de *software* implantadas pelas corporações poderiam entrar em conflito caso fossem executadas ao mesmo tempo. Por isso, o mediador realiza o gerenciamento das aplicações de modo que as mesmas não entrem em conflito umas com as outras;
- gerenciamento de dispositivos: integração e gerenciamento dos diversos leitores conectados à rede;

- centro de processamento: neste é realizado o processamento das informações consideradas relevantes ao SI, envio de eventos ou alertas ao sistema de acordo com as informações obtidas e envio de instruções aos leitores RFID;
- interface do leitor: é responsável pelo direcionamento das informações e comandos gerados pelo centro de processamento a um leitor ou tag específica. Bem como, na interface do leitor são identificados em quais leitores ocorreram os eventos e envio de dados.

2.3 Tags RFID

Tag RFID, também denominada identificador, etiqueta eletrônica ou transponder (abreviação de *transmitter-responder*, que significa transmissor e respondedor), são dispositivos responsáveis pela identificação dos objetos.

Basicamente, a tag RFID é constituída de um CI, antena e encapsulamento. Conforme ilustrado na Figura 6 (SWEENEY, 2007).

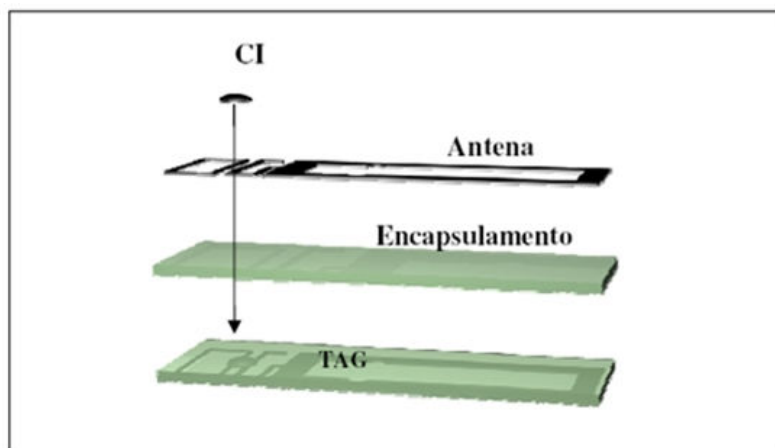


Figura 6 – Constituição Básica de uma Tag RFID.
Fonte: JUNIOR, 2006.

2.3.1 Circuito Integrado

O CI da tag é capaz de executar comandos específicos e armazenar informações e dados de identificação, sendo que a capacidade de armazenamento de dados no CI variam

de acordo com o modelo de cada tag. Uma vez que a tag estiver anexada no objeto, a identificação e informações armazenadas no CI da tag também estarão anexadas fisicamente ao objeto, possibilitando assim a identificação e armazenamento de informações nos objetos (GLOVER, 2007).

Além da capacidade de identificação e armazenamento de informações, alguns CI concentram funcionalidades diversificadas que visam oferecer recursos para aportar o uso da tecnologia RFID em diferentes aplicações. São exemplos destas funcionalidades (GLOVER, 2007):

- gravação: algumas tags são gravadas na fábrica com um número proprietário de identificação e outras permitem serem regravadas uma ou várias vezes;
- desabilitação: capacidade de algumas tags receberem o comando, através de um leitor RFID, para serem desabilitadas permanentemente. Esta funcionalidade é interessante por oferecer condições de diminuir a invasão de privacidade de pessoas após saírem das lojas com objetos identificados por tags RFID. A partir do comando “desabilitar”, as tags são desativadas após saírem das lojas, impedindo o rastreamento do cliente;
- segurança e criptografia: capacidade da tag de criptografar a informação a ser enviada ao leitor, com o objetivo de aumentar a segurança da informação contra leituras indesejáveis;
- compatibilidade com padrões: algumas tags possuem mais de um protocolo de comunicação, permitindo que ela se comuniquem com os leitores RFID a partir de protocolos de comunicação diferentes, como Wi-Fi.

2.3.2 Antena

A função da antena da tag é de prover a comunicação com o leitor RFID através da emissão de um sinal modulado com informações do CI.

A forma da antena influencia diretamente na comunicação da tag com o leitor. Por exemplo (SWEENEY, 2007):

- antena com curvas e ângulos: também chamadas de *orientation-insensitive*, que significa insensível à orientação, permite a comunicação das tags com

os leitores em ângulos e posicionamentos diversos. As tags com este tipo de antena são recomendáveis para aplicação onde não há um padrão de orientação na passagem das tags pelos leitores. Na Figura 7 são apresentados exemplos deste tipo de antena.

- antena longa e reta: tags constituídas de antenas longas e retas são mais eficientes em aplicações com leituras direcionadas. Ou seja, possuem maior alcance em relação às tags com antenas *orientation-insensitive*, desde que as leituras sejam feitas em uma direção pré-estabelecida. São indicadas para aplicações em esteiras de fábricas, onde os objetos passam na mesma direção e ângulo em relação ao leitor. Tais tipos de antena podem ser observadas na Figura 7.

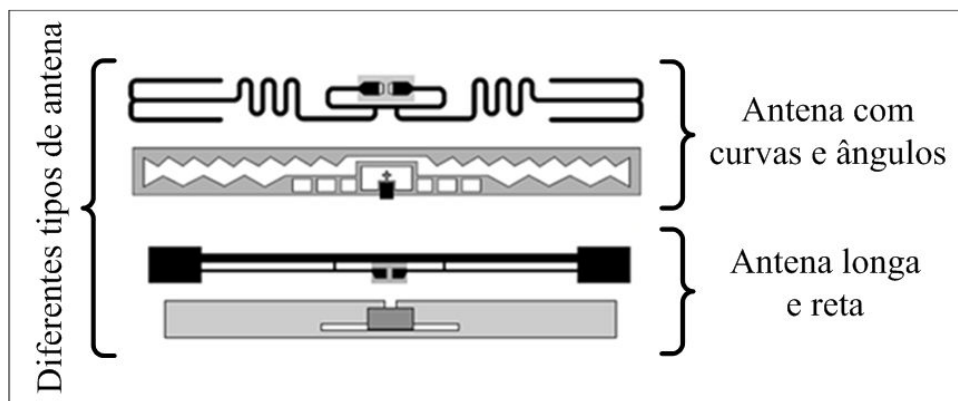


Figura 7 – Diferentes Tipos de Antena para Tags RFID
Fonte: SWEENEY, 2007.

2.3.3 Encapsulamento

Encapsulamento é o material utilizado para acoplar e fixar o chip e a antena, dando a forma da tag RFID. Em outras palavras, o encapsulamento é o material que envolve a antena e o CI. A forma e o material utilizados para modelagem da tag variam de acordo com as necessidades de cada aplicação (SWEENEY, 2007):

- cartão para controle de acesso e identificação de pessoas;
- botão ou disco plástico com furo no meio para serem presos a objetos;
- rótulo feito de papel, chamados de cartões inteligentes, são geralmente utilizados na identificação de produtos no setor logístico;

- tags pequenas são geralmente anexadas em roupas, relógios ou pulseiras para aplicações de rastreamento;
- cápsula de vidro resistente a ambientes corrosivos ou líquidos são geralmente usadas em aplicações intra-cutânea, para identificação de animais.

Conforme foi apresentado no Quadro 1, existem duas categorias principais de tags RFID: tags RFID passivas e ativas.

2.3.4 Tags RFID Passivas

A categoria de tags RFID passivas (Figura 8) são assim denominadas por não possuírem sua própria fonte de energia, necessitando da energia eletromagnética gerada e emitida pelos leitores RFID para o fornecimento da energia necessária ao funcionamento do CI e à comunicação.

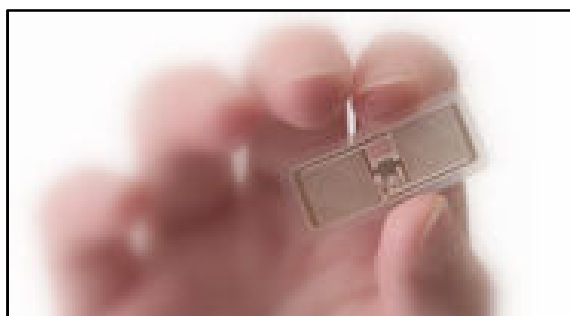


Figura 8 – Modelo de Tags RFID Passivas.
Modificado de: SCHER, 2009.

Em relação às tags ativas, a principal vantagem das tags passivas está no seu custo inferior (quadro 1). Além disto, as tags passivas são geralmente menores e mais leves devido à ausência da bateria (SWEENEY, 2007).

Porém, ainda comparado às tags ativas, o alcance de comunicação das passivas é menor (não ultrapassando alguns metros), são mais susceptíveis a ruídos, necessitam de leitores RFID mais potentes e mais caros para suprir a baixa energia de comunicação, que podem causar interferência eletromagnética nos equipamentos eletromédicos (apêndice B, capítulo 8.1.1), e apresentam menor taxa de transmissão e menor segurança dos dados.

2.3.5 Tags RFID Ativas

Na categoria de tags RFID ativas (Figura 9), as tags possuem sua própria fonte de energia, ou seja, possuem uma bateria acoplada que fornece a energia para a operacionalidade do chip e comunicação com o leitor RFID.

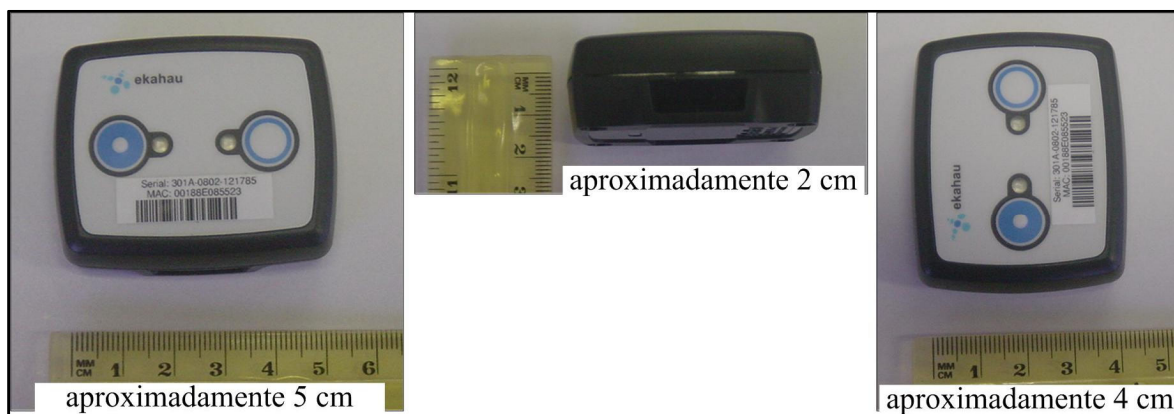


Figura 9 – Modelo de Tags RFID Ativas.

O fato de possuir sua própria fonte de energia permite à tag manter o chip operando e processando as informações mesmo fora do alcance do leitor. Além disto, oferecem maior alcance de comunicação, maior segurança da informação, menor susceptibilidade a ruídos e maior capacidade de armazenamento de dados. Porém, seu custo é mais elevado em relação às tags passivas, são maiores, e necessitam realizar a troca de bateria periodicamente.

Mesmo com um custo mais elevado em relação às passivas, as tags ativas tem apresentado um retorno de investimento (ROI – *Return of Investment*) significativo para aplicações que necessitam de maiores alcances na comunicação. Contudo, segundo o Departamento de Defesa Norte-Americano (DoD) um dos motivos pelos quais este tipo de tag não apresentou um crescimento tão significativo, nos últimos anos, quanto as tags passivas é a falta de padrões abertos para a interoperabilidade entre as diversas tecnologias (SWEENEY, 2007).

Entretanto, devido ao significativo crescimento da tecnologia RFID e sua aplicação nos mais variados setores, que vão desde a indústria de varejo até os EAS, empresas focadas na comunicação Wi-Fi⁵, principalmente especializadas em aplicações de

⁵ Wi-Fi é uma marca da Wi-Fi Alliance para certificação de produtos baseados no padrão IEEE 802.11.

localização de dispositivos sem fio, desenvolveram dentro da categoria de tags ativas a solução de tags RFID Wi-Fi.

2.3.6 Tags RFID Wi-Fi

Empresas focadas em tecnologias de comunicação Wi-Fi vêm desenvolvendo, dentro da categoria de tags RFID ativas, uma solução Wi-Fi que se comunica através do protocolo de interface com o ar (IEEE 802.11). Com isto, permite-se a integração desta tecnologia em qualquer lugar que exista um ponto de acesso provendo a cobertura Wi-Fi do ambiente, aproveitando, desta forma, a infra-estrutura Wi-Fi e dispensando os leitores proprietários comuns para sistemas RFID (O'Connor, 2007).

Esta recente tecnologia, anunciada formalmente em 2007, já tem apresentado um crescimento significativo nos mais variados setores, que vão desde a indústria automobilística e varejo até a exploração de minas, na localização de mineradores e equipamentos de mineração (BURNELL, 2007).

Os EAS são os setores que têm apresentado maiores taxas de adoção da tecnologia RFID, cujas aplicações são: localização de equipamentos, identificação de pacientes e corpo clínico, identificação de recém-nascidos, entre outras. Conforme pode-se verificar no Apêndice A, onde são apresentadas algumas aplicações da tecnologia RFID nos EAS (O'Connor, 2007).

Esta alta taxa de expansão da tecnologia RFID Wi-Fi é resultado das seguintes características (BURNELL, 2007), (O'Connor, 2007):

- uso de um padrão difundido comercialmente (Wi-Fi), que permite o aproveitamento deste tipo de infra-estrutura que já é uma tendência nos mais variados ambientes, incluindo os EAS. Desta forma, permite-se reduzir o montante de investimentos em infra-estrutura de rede para implantação da tecnologia;
- integração com demais TIC através do padrão Wi-Fi, contribuindo para a interconectividade dos EAS;
- adequação à norma de compatibilidade eletromagnética com equipamentos eletromédicos (NBR IEC 60601-1-2);

- aumento da vida útil da bateria da tag, que era um desafio para esta categoria, através do uso de um microprocessador para o gerenciamento e otimização da energia usada pelas tags;
- principalmente, suporte para aplicação de localização da TMH em tempo-real (RTLS – *Real Time Locating System*), que, devido sua importância para esta proposta, o sistema RTLS é abordado separadamente a seguir.

2.4 RTLS

RTLS é o acrônimo para (“*Real Time Locating System*” - sistemas automáticos que permitem o monitoramento da localização de objetos e de pessoas). Estes sistemas têm atraído clientes das mais variadas áreas, sendo os EAS um dos principais setores de adoção destes sistemas, por aproveitar a infra-estrutura Wi-Fi, que já vem sendo implantada nos hospitais, e contribuir para aumentar a visibilidade dos gestores sobre seus ativos (MOORE, 2005).

Aplicando o sistema RTLS através do uso da tecnologia RFID e das tags Wi-Fi, este permite a localização do objeto ou pessoa identificada pela tag com uma significativa precisão. Isto é possível através do posicionamento dos pontos de acesso ou leitores RFID, que realizam o cálculo da distância entre as tags e os leitores nas coordenadas “X”, “Y” e “Z”. Porém, para que o sistema opere adequadamente, são necessários, pelo menos, três leitores das tags RFID, como ilustra a Figura 10.

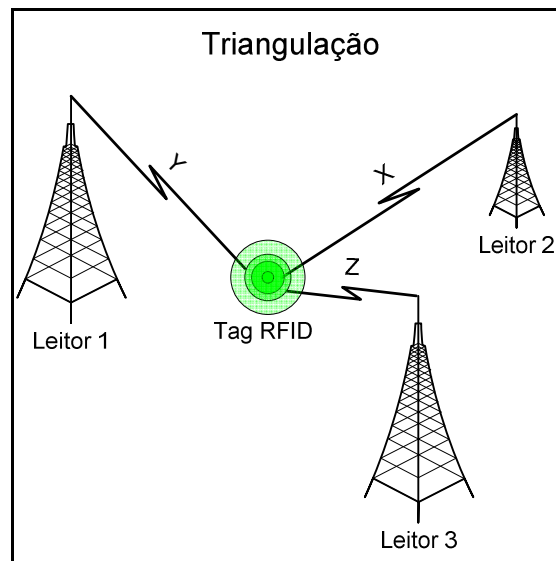


Figura 10 – Modelo de um Sistema para Localização em Tempo Real da Tag RFID.

Em ambiente hospitalar, os benefícios que a aplicação do sistema RTLS pode oferecer são (MOORE, 2005):

- localização do corpo clínico em uma emergência, otimizando o processo de atendimentos;
- localização e rastreamento de pacientes, aumentando a segurança dos mesmos e automatizando sua identificação;
- controle do acesso de pessoas não autorizadas em áreas restritas, evitando acidentes e isolando áreas com risco de contaminação;
- controle de recém-nascidos no setor neonatal, visando diminuir a ocorrência de troca e rapto de bebês;
- localização e rastreamento da TMH nos diversos setores do hospital, visando otimizar processo, diminuir furtos e aumentar a atuação da EC sobre a TMH de forma remota.

Atualmente podem ser citados dois tipos de sistemas RTLS baseados em tags RFID ativas. Um deles utiliza tags RFID ativas com leitores proprietários, enquanto o outro utiliza tags RFID Wi-Fi integradas com pontos de acesso para realizar a comunicação.

Os sistemas RTLS usando tags ativas e leitores proprietário necessitam, geralmente, de um maior investimento em infra-estrutura, por não aproveitar a rede Wi-Fi que já vem sendo implantada em alguns hospitais de países desenvolvidos. Além disto, a curta duração das baterias, falta de especialistas na área, não integração entre o sistema e demais

dispositivos Wi-Fi, e a falta de padronização são fatores negativos deste sistema. Porém, comparado ao sistema RTLS baseado em tags Wi-Fi, este apresenta maior precisão na localização de objetos e pessoas (MOORE, 2005).

Os sistemas RTLS usando tags RFID Wi-Fi (padrão IEEE 802.11b ou 802.11g), oferecem vantagens em curto prazo. A mesma infra-estrutura utilizada para localização dos objetos e pessoas permite que se conectem à rede hospitalar dispositivos como assistente pessoal digital (PDA – *Personal Digital Assistant*), computadores, *notebooks*, entre outras. Além disto, por emitirem menores potências eletromagnéticas para a comunicação com as tags, os sistemas RTLS Wi-Fi têm se adequadado à norma brasileira de compatibilidade eletromagnética com equipamentos eletromédicos (NBR IEC60601-1-2), e as baterias das tags RFID Wi-Fi apresentam maior tempo de vida útil (MOORE, 2005).

Estes fatores contribuíram para a definição das tags RFID Wi-Fi como tecnologia para aportar o desenvolvimento da PTAG.

Além disto, com o objetivo de complementar a proposta de desenvolvimento de uma plataforma de auxílio ao gTMH usando RFID, no apêndice B foram revisados projetos e tópicos correlatos à proposta, através das ferramentas de revisão sistemática baseada em evidências e conceitos da avaliação da tecnologia em saúde, onde foram destacados os seguintes tópicos: segurança da informação na saúde, compatibilidade eletromagnética da tecnologia RFID com equipamentos eletromédicos, eficácia e efetividade de ferramentas baseadas na tecnologia RFID para o auxílio ao gerenciamento de informações na área da saúde, retorno de investimentos e privacidade.

3 ESTUDO DE CASOS

Após o estudo e definição da tecnologia RFID para aportar o desenvolvimento da plataforma, e a revisão bibliográfica orientada na proposta da PTAG, verificou-se que para este novo cenário de mobilidade das tecnologias nos serviços de saúde focado no paciente, a PTAG deve abranger a proposta de forma holística, aplicando-a aos ambientes dentro e fora dos limites hospitalares. Dentro deste objetivo de propor a PTAG aos diferentes EAS, foram estudados três casos de gTMH em ambientes distintos. O estudo de casos visou coletar informações dos diferentes cenários dos EAS, e a partir das informações coletadas, contribuir para a modelagem da proposta.

Os EAS que fizeram parte do estudo de casos foram: hospitais, APH e SAD; selecionados para o estudo por apresentarem características distintas entre eles, reforçando a intenção de propor uma plataforma abrangente aos diversos cenários dos serviços de cuidados à saúde.

Os estudos de casos abordados na presente dissertação estão focados na região da Grande Florianópolis (exceto o SAD), selecionada por possuir algumas características que representam o cenário do sistema de saúde brasileiro.

Nesta região, o SAD limita-se apenas à modalidade de assistência domiciliar, que consiste na visita do profissional da saúde ao domicílio do paciente, utilizando, para tal, uma insignificante quantidade de TMH. Por isto, no estudo de caso do SAD foram utilizadas informações coletadas a partir de uma revisão bibliográfica sistemática de trabalhos relacionados ao SAD em âmbito nacional, envolvendo tanto a modalidade de assistência domiciliar, quanto a modalidade de internação domiciliar.

3.1 Estudo de Caso I: Estudo de Atividades Relacionadas ao gTMH em Hospitais

A ferramenta utilizada para a coleta de dados relacionados às atividades de gTMH em hospitais foi a aplicação de um questionário aos engenheiros clínicos dos hospitais da Grande Florianópolis. O referido questionário encontra-se no apêndice C.

Antes de aplicar o questionário, o mesmo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos (CEPSH-UFSC), no qual obteve parecer favorável no dia três de Novembro de 2008.

O estudo de caso foi dividido em duas etapas. A primeira etapa consistiu em um pré-teste, através da elaboração de um questionário inicial com perguntas abertas, onde o mesmo foi aplicado a alguns engenheiros clínicos integrantes do Centro de Gestão e Desenvolvimento de Tecnologia Médico-Hospitalar (CEGED-TMH).

A partir dos dados coletados e das informações processadas no pré-teste, a segunda etapa consistiu na elaboração de um segundo questionário com perguntas abertas e fechadas. Este questionário foi aplicado a dez hospitais da Grande Florianópolis, estando entre eles hospitais particulares, municipais e estaduais.

Após a coleta e o processamento dos dados, foram extraídas as seguintes informações relacionadas a algumas atividades de gTMH nos hospitais:

3.1.1 Localização das TMH nos hospitais

Dos engenheiros clínicos que responderam ao questionário, 80% afirmaram que existe dificuldade na localização das TMH dentro dos hospitais onde atuam; conforme é apresentado no Gráfico 1.

Segundo os engenheiros clínicos, os motivos pelos quais existe dificuldade na localização das TMH variam entre a necessidade de substituição de um equipamento quebrado durante os finais de semana ou plantões (na ausência do engenheiro clínico), e o empréstimo dos equipamentos entre os setores realizado de maneira informal (sem procedimentos burocráticos para o mesmo).

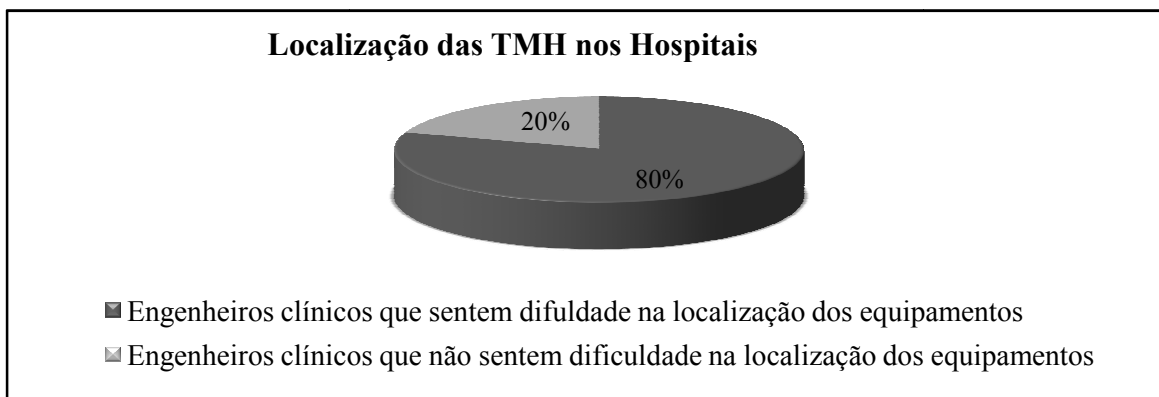


Gráfico 1 – Distribuição dos Engenheiros Clínicos que Responderam ao Questionário em Relação ao Quesito: Dificuldade na Localização da TMH nos Hospitais.

3.1.2 Saída das TMH dos hospitais sem autorização

Dos hospitais que compuseram a amostra, todos possuem um sistema de identificação das TMH. Porém, os sistemas de identificação usados consistem em etiquetas contendo o número patrimonial da TMH ou um código de barras, que não possibilitam a identificação automática da retirada da TMH do hospital.

Conforme o Gráfico 2, 90% dos engenheiros clínicos declararam que as TMH são retiradas dos hospitais sem a autorização dos responsáveis. Neste caso, a implantação de um sistema RTLS em ambiente hospitalar pode contribuir para a diminuição destes eventos, e auxiliar a EC no controle do parque tecnológico.

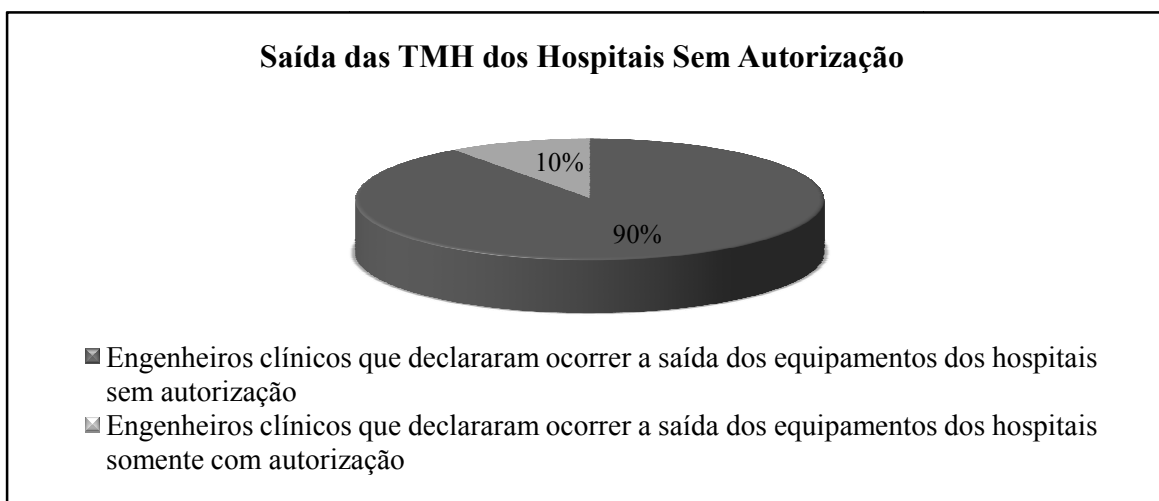


Gráfico 2 – Distribuição dos Engenheiros Clínicos que Responderam ao Questionário em Relação ao Quesito: Saída das TMH dos Hospitais Sem Autorização.

3.1.3 Perda das TMH nos hospitais

De acordo com os resultados processados e apresentados no Gráfico 3, 40% dos engenheiros clínicos submetidos ao questionário se depararam com a perda de um equipamento eletromédicos nos últimos 3 anos. Tais perdas variam desde equipamentos de baixa complexidade, como esfigmomanômetro e estetoscópio, até equipamentos de média e alta complexidade, como bomba de infusão e ventilador pulmonar.

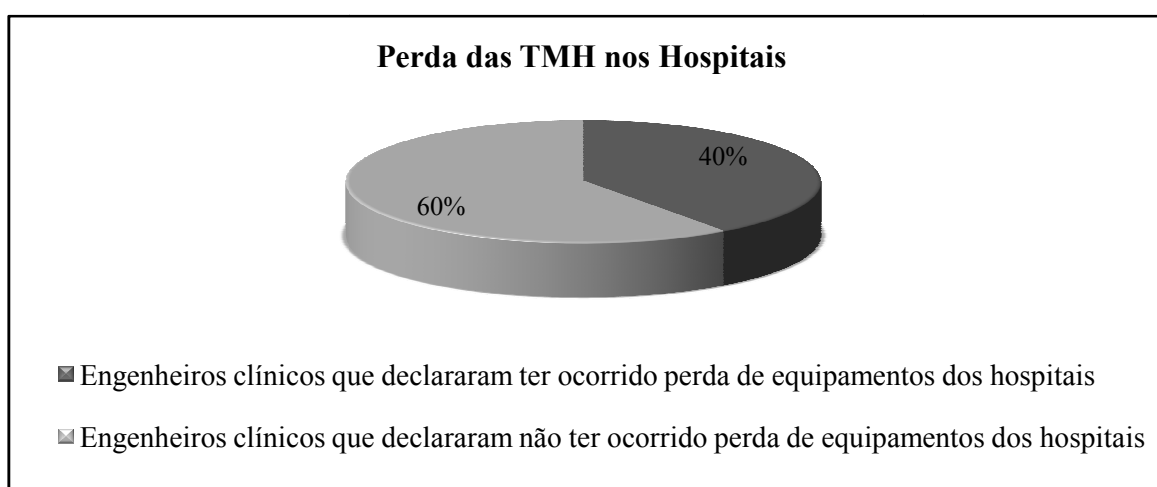


Gráfico 3 – Distribuição dos Engenheiros Clínicos que Responderam ao Questionário em Relação ao Quesito: Perda das TMH nos Hospitais.

Tais informações, extraídas do questionário, reforçam a necessidade de propor a PTAG aos hospitais, visando auxiliar a EC a oferecer condições para o uso adequado da TMH e, conseqüentemente, contribuir para a melhoria da qualidade nos serviços de cuidados à saúde.

3.2 Estudo de Caso II: Estudo de Atividades Relacionadas ao gTMH em APH

A grande maioria dos acidentes e agravos à saúde ocorre fora do ambiente hospitalar. Isto exige dos profissionais da saúde os recursos apropriados, e a criação de condições para realizar o APH ao indivíduo o mais precocemente possível, e no próprio local onde se encontra a pessoa com a saúde agravada (DOLOR, 2008).

O APH visa oferecer toda e qualquer assistência realizada fora do âmbito hospitalar. Para tanto, faz uso dos diversos meios e métodos disponíveis com uma resposta adequada à situação, a qual pode variar desde um simples conselho ou orientação médica, até o envio de uma viatura de suporte básico ou avançado ao local da ocorrência. Este atendimento visa à manutenção da vida e/ou a minimização das seqüelas (LOPES, 2009).

Todo ano, aproximadamente cinco milhões de pessoas morrem no mundo vítimas de acidentes, sendo que a maioria das mortes ocorre em três fases distintas: (1) fase imediata, (2) fase intermediária e (3) fase retardada. No Gráfico 4 podem ser visualizadas as fases de maior incidência de morte em acidentes.

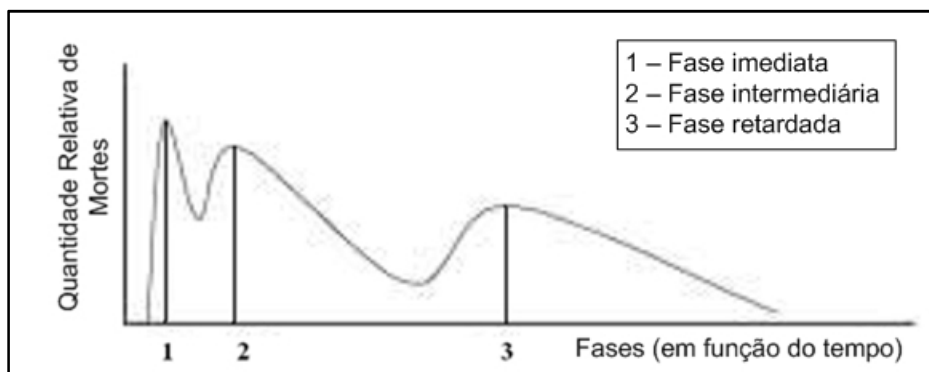


Gráfico 4 – Gráfico de Incidência de Mortes em Acidentes.
Fonte: WHO (2005).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO), muitas mortes ou seqüelas resultantes dos acidentes podem ser evitadas com um sistema de APH adequado (WHO, 2005).

O maior benefício do APH é realizado em casos de possibilidade de morte intermediária, onde o tempo de atendimento desde o acidente até o socorro pode ser crucial para a vida da vítima. Nestes casos, as unidades ambulatoriais, assistidas pela TMH são de

fundamental importância para o transporte imediato e estabilização da vítima (WHO, 2005).

3.2.1 Unidades Ambulatoriais

Define-se unidade ambulatorial, ambulância, como um veículo terrestre, aéreo ou hidroviário que se destine exclusivamente ao transporte de enfermos (NEU-SC, 2009).

A ambulância é um integrante fundamental dentro do sistema de APH, que se responsabiliza pelo atendimento imediato e transporte de vítimas.

As ambulâncias são classificadas em dois tipos, de acordo com a complexidade dos equipamentos:

- Tipo B: Ambulância destinada ao APH contendo equipamentos de suporte básico (NEU-SC, 2009);
- Tipo C: Ambulância destinada ao APH onde há risco de vida, contendo equipamentos de manutenção à vida e salvamento (NEU-SC, 2009).

3.2.2 APH na Grande Florianópolis.

No Estado de Santa Catarina o APH é responsável por executar a regulação dos atendimentos de urgência, atendimento móvel de urgência e transferências de pacientes graves da região. Atualmente conta com 71 ambulâncias tipo B (Unidade de Suporte Básico - USB) e 24 ambulâncias tipo C (Unidade de Suporte Avançado – USA), que foram responsáveis por 205.737 atendimentos entre os meses de Janeiro e Dezembro de 2008 (NEU-SC, 2009).

Na Grande Florianópolis foram registrados 47.689 atendimentos realizados em 2008 por 4 USA e 11 USB. A média de intervalo entre uma chamada e outra é de 13,37 minutos, das quais 86% das chamadas resultam no atendimento pela equipe de APH, 8% das chamadas são trotes, 5% resultam em prestação de informações através do telefone, e 1% é decorrente de atendimentos que não resultam em atendimentos, conforme é apresentado no Gráfico 5.

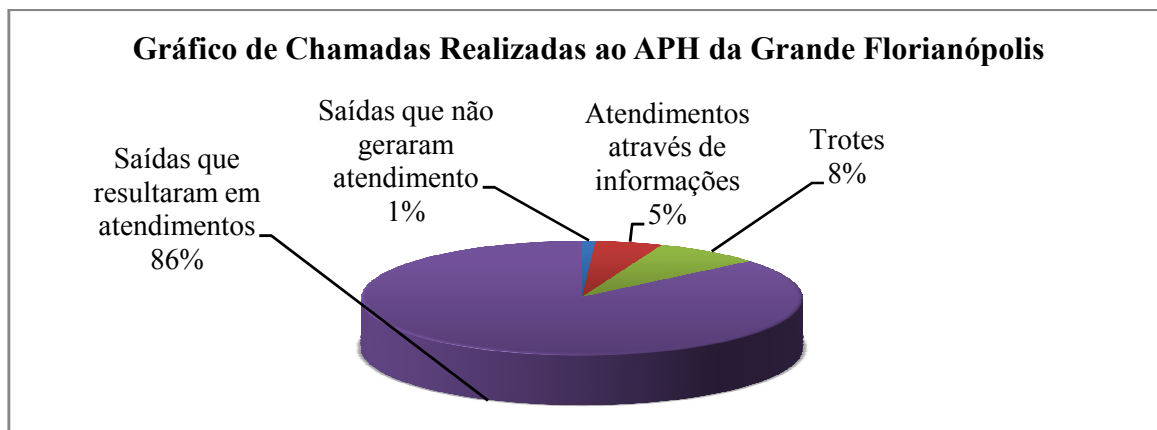


Gráfico 5 – Gráfico de Chamadas Realizadas ao APH da Grande Florianópolis.
Fonte: NEU-SC (2009).

O APH segue um protocolo de atendimento chamado Procedimento Operacional Padrão (POP), que define procedimentos para os primeiros cuidados à saúde da vítima; conforme pode ser visualizado no modelo da Figura 11, e segue de forma sucinta em cinco etapas:

Etapa 1: Solicitação de atendimento e definição do tipo de intervenção pelo técnico de atendimento de regulação médica (TARM) e o médico;

Etapa 2: Encaminhamento da ambulância ao local do atendimento pelo Rádio Operador (RO);

Etapa 3: Realização dos primeiros cuidados à vítima e encaminhamento da ambulância ao hospital pelo RO;

Etapa 4: Transferência da vítima aos cuidados do hospital, juntamente com as TMH de suporte à vida;

Etapa 5: Retorno à Central do APH, e identificação e reposição das TMH (checklist) antes do próximo atendimento, como macas, imobilizadores, bombas de infusão, entre outras tecnologias.

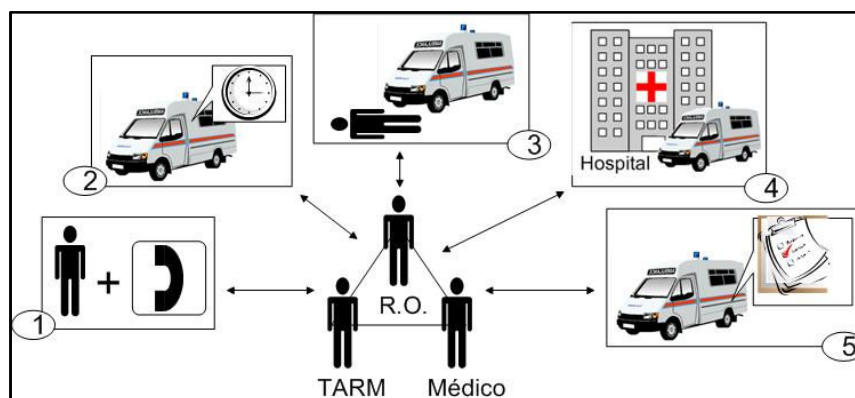


Figura 11 – Ilustração do POP para APH.

O POP foi desenvolvido como uma ferramenta de padronização dos procedimentos com o objetivo de auxiliar o profissional do APH nas tomadas de decisões, automatização de processos, delegação de tarefas e diminuição de falhas (NEU-SC, 2009). Porém, a necessidade de velocidade no atendimento, repetição da rotina várias vezes ao dia, e ausência de um sistema para gerenciamento de equipamentos têm contribuído para uma significativa dificuldade na realização de um gTMH eficiente.

A partir de um questionário (apêndice D), previamente autorizado pelo coordenador de um dos órgãos responsáveis pelo APH da Grande Florianópolis, e aplicado aos 24 profissionais do APH (médicos, enfermeiros, socorristas e RO da Grande Florianópolis), foram identificados alguns dos fatores que contribuem para esta dificuldade na realização do gTMH eficiente. Os motivos identificados foram:

- Necessidade de deixar as TMH de suporte à vida nos hospitais juntamente com a vítima, conforme definido no POP;
- Falta de integração entre hospitais e órgãos de APH, na comunicação do resgate das TMH após a liberação dos mesmos;
- Ausência de um sistema de gerenciamento das TMH retidas nos hospitais;
- Falta de integração da equipe de APH, principalmente nas trocas de plantões;
- Falta de treinamento e capacitação da equipe nos procedimentos de gTMH;
- Necessidade de agilidade no atendimento, dificultando a realização do *checklist* e procedimentos de controle das TMH;

- Problemas organizacionais, como o acúmulo de atividades para o RO, que é responsável pelo controle de todas as ambulâncias da central de APH e resgate das TMH;
- Alta rotatividade das TMH;
- Esquecimento das TMH no local do atendimento;
- Falta de uma ferramenta de controle de entrada/saída das TMH na central do APH.

Ainda, de acordo com os resultados da pesquisa, 92% dos profissionais que constituíram a amostra do estudo afirmaram que, desde que atuam no APH já presenciaram a perda de algum equipamento, e consideram interessante a proposta do desenvolvimento de uma solução de auxílio ao gTMH.

3.3 Estudo de Caso III: Estudo de Atividades Relacionadas ao gTMH em SAD

No Brasil, de acordo com a ANVISA, a expressão “*Home Health Care*” designa “Atenção à Saúde Domiciliar” ou “Atenção Domiciliar”, expressões destinadas às ações de promoção à saúde e prevenção de doenças focando na assistência e reabilitação da saúde desenvolvida no domicílio do paciente (ANVISA, 2006^b).

Assim como em demais países do mundo, no Brasil o SAD tem crescido significativamente nos últimos anos. Alguns dos fatores que influenciaram o aumento na demanda pelo SAD no Brasil são (LEME, 2008; NEAD, 2009; Ministério de Estado da Saúde, 2006):

- Envelhecimento da população: a mudança na pirâmide populacional brasileira, devido à diminuição das taxas de mortalidade e fecundidade, gerou um envelhecimento da população, causando o aumento da demanda pelos serviços de cuidados à saúde por consequência das doenças relacionadas à senilidade;
- Aumento da necessidade de cuidados a doenças crônicas: o aumento no número de doenças crônicas, somado ao significativo custo para o tratamento das mesmas, contribui para tornar o SAD uma alternativa considerável para o tratamento deste tipo de doença;
- Aumento do custo de tecnologias de diagnósticos e tratamento: o aumento do custo de tecnologias de diagnóstico e tratamento tem tornado o SAD uma proposta interessante, por possibilitar a redução dos gastos no tratamento do paciente ao utilizar a infra-estrutura domiciliar;
- Interesse pelo auto-cuidado: os interesses do paciente, seus familiares e amigos pelos serviços de cuidados à saúde possibilitam a transferência aos mesmos de certas atividades que eram delegadas aos médicos e enfermeiros;
- Recursos financeiros limitados das instituições hospitalares: para os hospitais que enfrentam dificuldades financeiras, frente ao elevado custo no tratamento de pacientes de permanência prolongada, como internação, o SAD oferece uma alternativa que permite a manutenção dos padrões de atendimento, reduzindo, significativamente, os custos de internação.

Segundo o Núcleo Nacional das Empresas de Assistência Médica Domiciliar (NEAD), o SAD pode reduzir em até 30% os custos para hospitais em casos de internação;

- Redução dos níveis de doenças decorrentes de contaminações hospitalares;
- Quantidade de leitos limitada para a demanda de internações: Além de possibilitar a redução dos custos em casos de internações em domicílio, o SAD permite maior disponibilidade e rotatividade dos leitos nos hospitais, e evita a liberação precoce de pacientes internados.

De acordo com a resolução ANVISA/RDC Nº 11, de 26 de Janeiro de 2006, o SAD brasileiro possui dois grupos distintos de modalidades para o SAD. Um deles, conhecido como assistência domiciliar, modalidade utilizada na Grande Florianópolis, aborda a prestação de serviços segmentares desenvolvidos em domicílio. A outra modalidade, internação domiciliar, consiste de atividades prestadas em domicílio a pessoas que apresentam um quadro clínico mais complexo, e necessitam de um atendimento multiprofissional, em tempo integral, holístico, e dispendo de tecnologias especializadas (ANVISA, 2006a).

A presente proposta de gTMH em SAD foca-se nos casos de internação domiciliar, devido à maior complexidade tecnológica exigida pela mesma, uma vez que em casos de assistência domiciliar é utilizada uma quantidade insignificante de TMH, além da sua baixa complexidade neste tipo de modalidade.

Além das características já citadas, o Quadro 2 apresenta demais características do SAD no Brasil, que podem auxiliar na modelagem da proposta.

Quadro 2 – Características do SAD no Brasil.
Modificado de: MESTAS & CALIL (2008).

Características do SAD no Brasil	
Prioridades no Atendimento	Idosos (70% dos pacientes tem idade igual ou maior que 65 anos);
	Doenças crônico-degenerativas e clinicamente estáveis;
	Patologias que necessitem de cuidados paliativos;
	Internações prolongadas ou reinternações que demandem atenção constante.
Perfil Epidemiológico	Doenças cardíacas (11% dos casos);
	Diabetes Mellitus (8% dos casos);
	Doença vascular cerebral (7% dos casos);
	Doença pulmonar obstrutiva crônica (5% dos casos);
	Neoplasias malignas (5% dos casos);
	Insuficiência cardíaca congênita (4% dos casos);

Características do SAD no Brasil	
	Osteoartrite e complicações decorrentes (4% dos casos);
	Fraturas (4% dos casos);
	Hipertensão (3% dos casos).
Programas Governamentais	Atenção primária à saúde;
	Oxigenoterapia domiciliar;
	Reabilitação física.
Equipe Multidisciplinar	Médico;
	Enfermeira;
	Assistente social;
	Fisioterapeuta;
	Nutricionista.
Modalidades	Assistência domiciliar;
	Internação domiciliar.
Tempo Médio de Hospitalização Domiciliar	312 dias.

O SAD consiste na transferência não somente dos pacientes ao ambiente domiciliar, como também de toda TMH necessária ao monitoramento e o tratamento. Os equipamentos básicos do SAD são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Equipamentos Básicos do SAD.
Modificado de: MESTAS & CALIL (2008).

Equipamentos Básicos do SAD	
TMH de Terapia, Monitoração e Diagnóstico	Cilindros de oxigênio, concentradores de oxigênio, oxigênio líquido, máscaras, cânulas, fluxômetro de oxigênio, glicosímetro, adipômetro, estetoscópio, esfigmomanômetros, negatoscópio, otoscópio, oxímetro de pulso, eletrocardiógrafo, aspiradores portáteis e outros de menor utilização.
TMH de Apoio e Fisioterapia	Andadores, bengalas, muletas, balança, cadeira de banho, cadeira de rodas, colchonetes, aparelho de som, bolas, cama hospitalar, papagaio, comadre de inox, suporte para soro, etc.
TMH Utilizadas para Comunicação e Telemedicina	Computador, câmera de vídeo, monitor de vídeo conferência, polycom ⁶ , <i>notebook</i> , fax, impressora e prontuário de papel ou eletrônico usando PDA, telefonia celular e monitor de eletrocardiograma via modem.

Como se pode notar, uma significativa quantidade das TMH presentes nos hospitais já se encontra disponível para realizar o aporte tecnológico ao SAD. Sendo que, sob o

⁶ Equipamento integrado com capacidade de vídeo conferência, áudio conferência e comunicação de dados e Web.

ponto de vista do corpo clínico, não existem diferenças significativas entre alguns tratamentos realizados no hospital ou no SAD.

Sob o ponto de vista da EC, existe uma exposição maior a riscos relacionados à utilização da TMH no SAD. Os riscos relacionados à utilização da TMH no SAD podem ser divididos entre as categorias: riscos por influência de fatores humanos, biológicos, ambientais, funcionais e materiais (MESTAS & CALIL, 2008; TAVOLARI, FERNANDES e MEDINA, 2000):

- Riscos por influência de fatores humanos: levam em consideração a presença de crianças no ambiente, podendo causar acidentes, e o baixo nível de treinamento e escolaridade dos familiares ou amigos, que poderão operar os equipamentos de modo inadequado;
- Riscos por influência de fatores ambientais: fonte de alimentação e aterramento inadequado, ausência de um sistema de refrigeração eficiente, presença de altos níveis de campo eletromagnético no ambiente e, conseqüente, incompatibilidade eletromagnética com os equipamentos eletromédicos;
- Riscos por influência de fatores funcionais e materiais: envelhecimento da TMH, identificação inadequada, instruções inadequadas de operação dos equipamentos, carência ou inexistência do serviço de manutenção, uso dos equipamentos por pessoas não treinadas e sistema de controle dos equipamentos complexo ou confuso.

Diante deste cenário, visando proporcionar ao SAD condições adequadas de segurança e funcionalidade da TMH, a atuação da EC sobre a TMH continua sendo de fundamental importância.

Portanto, a inclusão do SAD na proposta da plataforma visa aumentar a atuação da EC sobre a TMH neste ambiente, fazendo uso do RFID como meio de prover seu gerenciamento remoto, uma vez que a base de uma estrutura eficiente e segura no SAD, dentre outros requisitos, envolve: o gerenciamento das informações vinte e quatro horas por dia, um sistema de atendimento às emergências bem dimensionado, sistemas de informação em tempo real, fornecimento de equipamentos médico-hospitalares em tempo

integral, busca contínua da qualidade e eficiente gestão de recursos humanos, tecnológicos e infraestrutura (TAVOLARI, FERNANDES e MEDINA, 2000).

4 DEFINIÇÃO DA PTAG

A partir do estudo de casos focado nos hospitais, no APH e no SAD, além das informações coletadas nas referências bibliográficas, foi definida a PTAG usando RFID. Porém, devido às características peculiares de cada EAS que foram salientadas no estudo de casos, a plataforma foi dividida em três módulos, visando customizar a proposta da plataforma às características que compõem o perfil singular de cada ambiente, sendo eles: módulo da plataforma de auxílio ao gTMH em hospitais (PTAG-Hospital), módulo da plataforma de auxílio ao gTMH em APH (PTAG-APH) e módulo da plataforma de auxílio ao gTMH em SAD (PTAG-SAD).

Realizando uma análise em nível macro de toda a plataforma (Figura 12), onde as características peculiares de cada módulo são desconsideradas, a plataforma consiste no auxílio ao gerenciamento das TMH presentes nos diversos EAS. Isto através da sua identificação utilizando tags RFID Wi-Fi anexadas às TMH.

A leitura das tags RFID e a conseqüente identificação das TMH são executadas pela cobertura Wi-Fi dos EAS, a partir de pontos de acesso posicionados nos ambientes. A comunicação entre os pontos de acesso e o sistema de informação (SI) da EC é dada através da rede de longa distância (WAN – *Wide Area Network*), que interconecta os pontos de acesso ao servidor da EC. Além disto, a plataforma permite a integração dos diversos EAS em um mesmo sistema, que é o SI da EC, no qual esta proposta objetiva torná-lo ubíquo.

A vantagem de integrar os diferentes EAS em um mesmo sistema é permitir que haja comunicação e interação entre os estabelecimentos. Com isto, tomando como exemplo o APH, ao se deixar um paciente atendido pelo APH no hospital, juntamente com as TMH de suporte à vítima, as mesmas podem continuar sendo gerenciadas pelo SI da EC dentro do ambiente hospitalar.

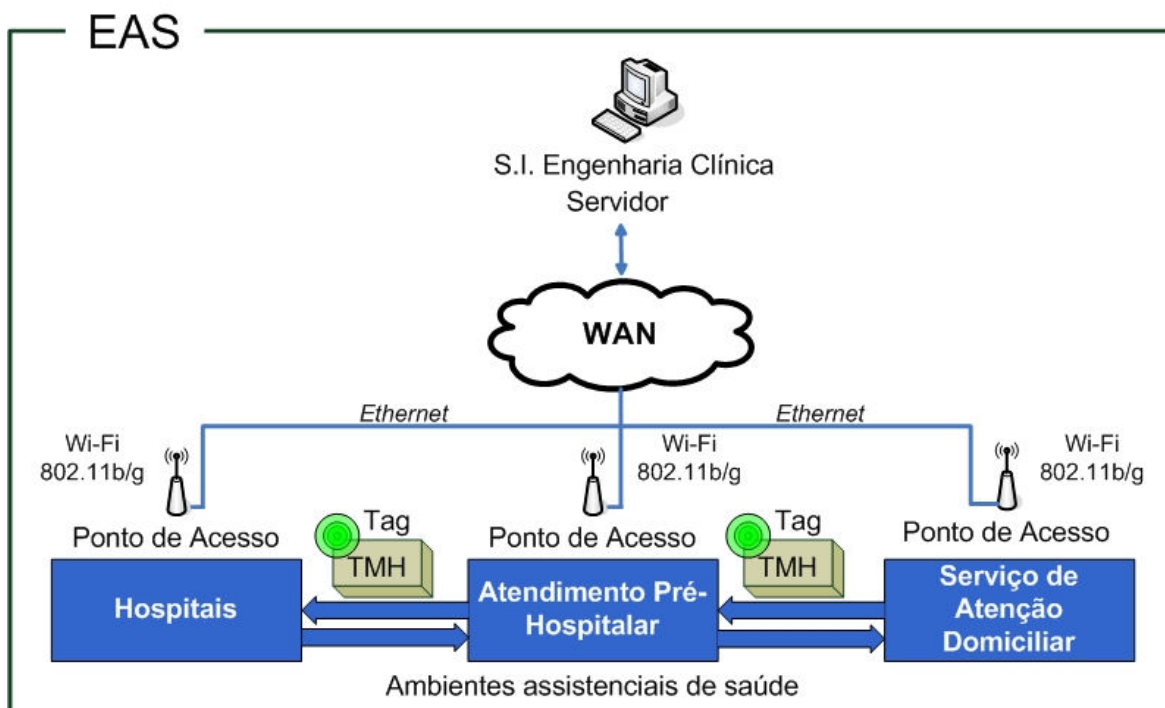


Figura 12 – Modelo Macro da PTAG.

A implementação da plataforma conta com o aporte: de tecnologias de *hardware*, como tags, pontos de acesso e TIC; e tecnologias de *software*. As mesmas seguem especificadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Especificação de Tecnologias para a PTAG.

Especificação de Tecnologias para a PTAG.	
Tag	Padrão de comunicação: IEEE 802.11b ou IEEE 802.11g;
	Protocolo de segurança: WEP ou WPA2;
	Adequação à norma de compatibilidade eletromagnética com equipamentos eletromédicos (IEC 60601-1-2);
	Interface com o usuário: botões, leds e sirene;
	Sensor de movimento;
	Sensor de temperatura integrado.
Ponto de Acesso	Padrão de comunicação: IEEE 802.11b ou IEEE 802.11g;
	Protocolo de segurança: WEP ou WPA2.
Servidor	Processador: 1,5 GHz;
	Memória: 2GB RAM;
	Espaço livre no disco rígido: 1GB.
Software	Software para integração das tags com os pontos de acesso;
	Aplicativo para realizar a customização da PTAG ao hospitais, APH e SAD.
Periféricos	Baterias para o suprimento energético das tags.
	Cabo para conexão de rede.

Desta forma é definida a proposta da plataforma constituída pelos seus três módulos:

4.1 Módulo PTAG-Hospital

A partir das características extraídas do estudo de caso, foram especificados requisitos funcionais (RF) e não funcionais (RNF) da proposta de plataforma no módulo PTAG-Hospital.

4.1.1 Requisitos Funcionais e Não Funcionais para o Módulo PTAG-Hospital

A definição dos RF e RNF visa garantir a efetividade do módulo PTAG-Hospital dentro de sua proposta. Para tal, foram utilizadas características da linguagem UML (*Unified Modeling Language*) na modelagem da plataforma (MEDEIROS, 2004). No Quadro 5 apresentam-se os RF e RNF deste módulo.

Quadro 5 – Requisitos para o Módulo PTAG-Hospital.

Requisitos para o Módulo PTAG-Hospital	
Requisitos Funcionais	RF01: a plataforma deve auxiliar no controle de entrada e saída das TMH no hospital;
	RF02: a plataforma deve permitir a autenticação do usuário;
	RF03: a plataforma deve gerar alertas para a EC em eventos de saída das TMH do hospital;
	RF04: a plataforma deve auxiliar na localização das TMH dentro do hospital;
	RF05: a plataforma deve permitir, através de uma TIC conectada ao SI, a emissão de um sinal sonoro e/ou visual através da sirene e do led presente na tag, auxiliando na localização das TMH;
	RF06: a plataforma deve emitir alerta ao sistema da EC, solicitando auxílio ao se apertar um dos botões pré-configurados presentes na tag;
	RF07: a plataforma deve disponibilizar a informação da localização das TMH para o setor de EC e ao corpo clínico, através de uma TIC conectada à rede;
	RF08: a plataforma deve permitir configurar as tags de forma remota, através de uma TIC conectada à rede;
	RF09: a plataforma deve oferecer condições da EC realizar o gTMH de forma remota e eficiente;
	RF10: a plataforma deve permitir o acesso da EC ao sistema de gTMH dentro ou fora do hospital;
	RF11: a plataforma deve enviar alertas à EC indicando o nível baixo da bateria das tags;

Requisitos para o Módulo PTAG-Hospital	
	RF12: a plataforma deve permitir o acesso à <i>internet</i> pelos profissionais do hospital.
Requisitos Não Funcionais	RNF01: integrar o módulo PTAG-Hospital com o SI da EC;
	RNF 02: as funcionalidades do sistema deverão ser disponibilizadas de acordo com o nível de acesso do profissional, após a efetuação do <i>login</i> ;
	RNF 03: o sistema será mantido através de um servidor de rede, administrado pelo engenheiro clínico ou por um profissional definido para a função;
	RNF04: o cadastro de novas TMH no SI e anexação das tags nas mesmas são de responsabilidade da EC;
	RNF05: a troca das baterias e manutenção das tags são atividades de responsabilidade da EC.

4.1.2 Proposta do Módulo PTAG-Hospital

A proposta consiste em tornar o hospital um ambiente ubíquo, integrando diferentes dispositivos Wi-Fi em uma mesma rede. Para tal, é necessário realizar a cobertura Wi-Fi de todos os setores do hospital, utilizando pontos de acesso conectados à rede do SI da EC.

O posicionamento dos pontos de acesso não é uma atividade trivial para a implementação do sistema RTLS. O mesmo requer um estudo prévio sobre a planta baixa do hospital, de forma que em qualquer ponto do hospital exista, pelo menos, o sinal de três pontos de acesso para a realização do sistema RTLS; conforme demonstrado no modelo da Figura 13. Enquanto é realizado o posicionamento dos pontos de acesso no hospital, o *software* para localização da TMH irá auxiliar o engenheiro clínico na customização da plataforma, e na calibração do sistema RTLS de acordo com o posicionamento dos pontos de acesso no hospital.

Após o posicionamento dos pontos de acesso no ambiente, todos os pontos de acesso deverão ser conectados à rede do hospital, através de um cabo de rede CAT5e configurado para uma conexão PC-servidor com o servidor do SI.

A identificação e localização das TMH é realizada pela anexação de uma tag RFID Wi-Fi em cada equipamento, que estabelece comunicação com os pontos de acesso. Desta forma, a cada comunicação das tags com os pontos de acesso, o *software* é capaz de identificar, através do sistema RTLS devidamente calibrado, a informação contendo a localização de cada equipamento no hospital, e disponibilizar esta informação ao setor de EC e ao corpo clínico.

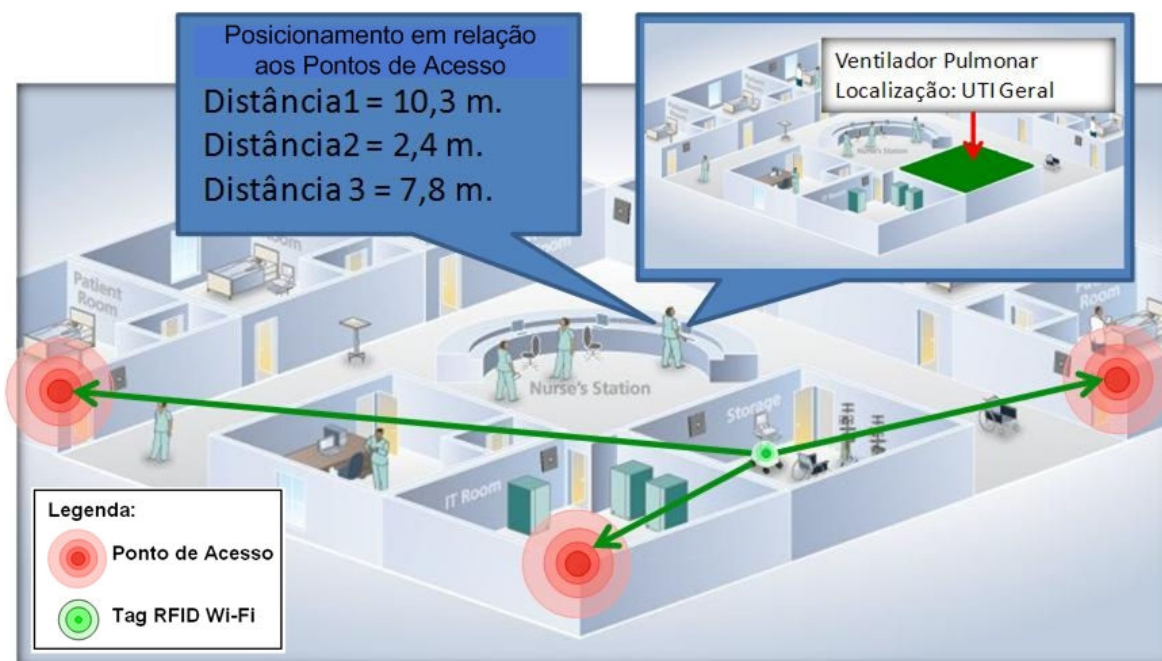


Figura 13 – Modelo de Posicionamento dos Pontos de Acesso para Realizar a Aplicação de RTLS no Módulo PTAG-Hospital.

Modificado de: AEROScout, 2006.

Visando aumentar a vida útil das baterias das tags, a comunicação da mesma com os pontos de acesso deve ser realizada somente em momentos em que ocorre a movimentação da TMH. Isto é possível devido ao sensor de movimento presente na tag, que pode ser programada para se comunicar com o sistema (emitir o sinal eletromagnético) somente quando identificados eventos pelo sensor (movimentação da tag), ao invés de se comunicar com o sistema periodicamente. Com isto, é possível transpassar a vida útil da bateria para cinco anos, além de filtrar informações desnecessárias à rede, como a informação de que a TMH continua posicionada no mesmo local da última comunicação.

Sob estes parâmetros, a cada movimento da TMH a tag emite um sinal eletromagnético que é recebido pelos pontos de acesso, onde é aferido o posicionamento da TMH através de um *software* proprietário, que foi devidamente customizado a partir da planta baixa e posicionamento dos pontos de acesso no hospital. Esta informação, contendo a localização aproximada das TMH, é disponibilizada no SI da EC, onde os engenheiros clínicos e profissionais da saúde podem acessá-la para auxiliar na tarefa de localização da TMH.

Além da localização dos equipamentos, a plataforma de gTMH oferece à EC maior controle sobre a TMH, diante de sua mobilidade entre os diversos setores dos hospitais.

Isto é possível porque cada tag possui um número exclusivo de identificação que, ao ser anexada a uma TMH, deve ser realizada uma referência cruzada entre número de identificação da tag e o equipamento cadastrado no SI da EC. Desta forma, conforme ilustra a Figura 14, toda TMH identificada por uma tag dentro da cobertura Wi-Fi poderá ser gerenciada pela EC de forma remota, desde que o engenheiro clínico esteja conectado à rede de comunicação hospitalar através de uma TIC.

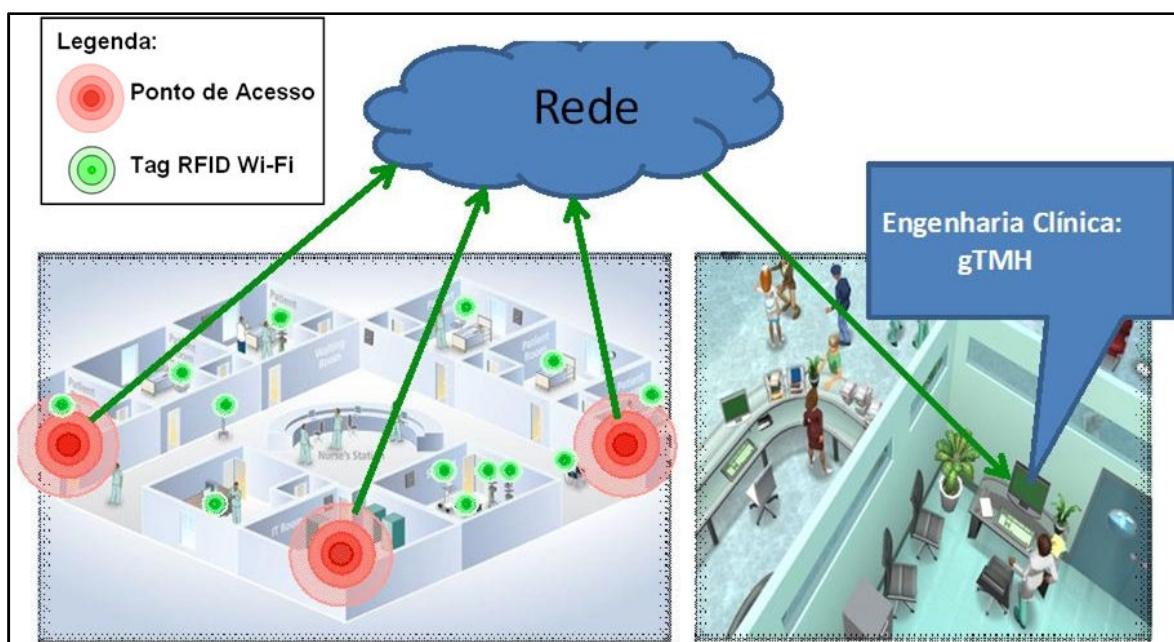


Figura 14 – Gerenciamento da TMH de Forma Remota pela EC Através de uma TIC Conectada à Rede Hospitalar.

Modificado de: AEROSCOOUT, 2006.

O acesso às funcionalidades do módulo será definido de acordo com a necessidade de cada profissional. Desta forma, o sistema deve permitir o cadastramento dos profissionais atuantes no hospital para o acesso às funcionalidades do módulo, ao SI e à internet.

No cadastro dos profissionais, os usuários podem ser classificados em três categorias que oferecem funcionalidades peculiares a cada categoria, de acordo com a necessidade das mesmas. As categorias são definidas entre engenheiro clínico, corpo clínico e demais profissionais atuantes no hospital; conforme o modelo da Figura 15.

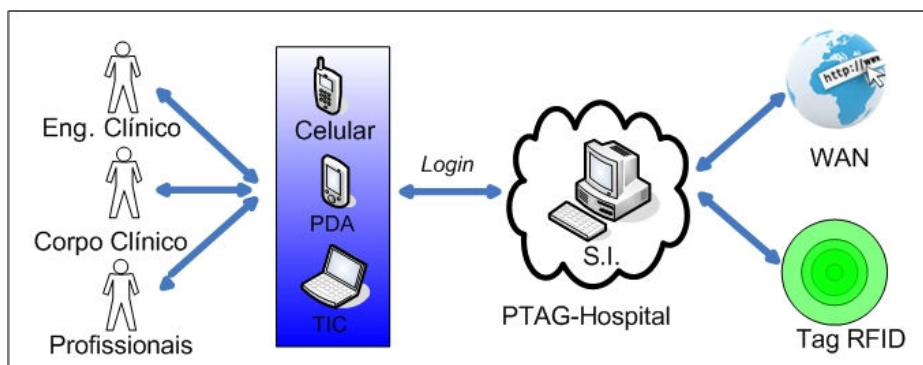


Figura 15 – Modelo da PTAG-Hospital Ilustrando as Diferentes Classes de Usuários: Engenheiro Clínico, Corpo Clínico e Profissionais da Saúde.

A cada categoria são disponibilizadas as seguintes funcionalidades (Quadro 6).

Quadro 6 – Funcionalidades do Módulo PTAG-Hospital Definidas por Categorias de Usuários.

Funcionalidades do Módulo PTAG-Hospital Definidas por Categorias de Usuários	
Engenharia Clínica	Controle de entrada e saída das TMH no hospital; localização das TMH dentro do hospital; emitir um sinal sonoro e/ou visual através da sirene e do led presente na tag, auxiliando na localização da TMH; gerenciamento de informações das TMH de forma remota; configuração da tag através do sistema; receber solicitação de auxílio através dos botões pré-configurados das tags; gerenciamento do nível de bateria das tags; e acesso à internet através da rede Wi-Fi.
Corpo Clínico	Localização das TMH dentro do hospital; emitir um sinal sonoro e/ou visual através da sirene e do led presente na tag, auxiliando na localização da TMH; emitir alertas à EC solicitando auxílio; e acesso à internet através da rede Wi-Fi.
Demais Profissionais	Acesso à internet através da rede Wi-Fi.

Com a implementação desta plataforma poderão ser obtidos os seguintes benefícios:

- Diminuição da perda dos equipamentos nos hospitais;
- Diminuição na compra de equipamentos motivada pela dificuldade na localização dos mesmos;
- Disponibilização de um recurso adicional (pressionamento de um dos botões da tag) para solicitação de apoio da EC diante de algum problema relacionado à TMH;
- Aumento da eficiência no processo de atendimento, uma vez que os equipamentos poderão ser localizados com maior agilidade, podendo implicar no aumento de satisfação do corpo clínico e pacientes;
- Auxílio à EC na realização do gTMH dentro ou fora dos hospitais.

4.2 Módulo PTAG-APH

Os RF e RNF do módulo PTAG-APH são especificados no Quadro 7, focados em auxiliar nas atividades de gTMH do APH.

4.2.1 Requisitos Funcionais e Não Funcionais para o Módulo PTAG-APH

Quadro 7 – Requisitos para o Módulo PTAG-APH.

Requisitos para o Módulo PTAG-APH.	
Requisitos Funcionais	RF01: a plataforma deve permitir a autenticação do usuário;
	RF02: a plataforma deve permitir configurar as tags de forma remota, através de uma TIC conectada à rede Wi-Fi do APH;
	RF03: a plataforma deve oferecer condições da EC realizar a troca de informações de forma remota e eficiente;
	RF04: a plataforma deve permitir o acesso da EC ao sistema de gTMH dentro ou fora da central de APH;
	RF05: a plataforma deve realizar o <i>checklist</i> automático das TMH presentes nas ambulâncias;
	RF06: a plataforma deve auxiliar no controle das TMH do almoxarifado;
	RF07: a plataforma deve auxiliar na reposição das TMH nas ambulâncias quando necessário;
	RF08: a plataforma deve auxiliar o RO no controle das ambulâncias presentes na central do APH;
	RF09: a plataforma deve auxiliar o RO a verificar as ambulâncias equipadas com as TMH necessárias para o próximo atendimento;
	RF10: a plataforma deve permitir o acesso à internet pelos profissionais do APH.
Requisitos Não Funcionais	RNF01: integrar o módulo PTAG-APH com o SI da EC;
	RNF02: as funcionalidades do sistema deverão ser disponibilizadas de acordo com o nível de acesso do profissional, após a efetuação do <i>login</i> ;
	RNF03: o sistema será mantido através de um servidor de rede, administrado pelo engenheiro clínico ou por um profissional definido para a função;
	RNF04: o cadastro de novas TMH no SI e anexação das tags nas mesmas são de responsabilidade da EC;
	RNF05: a troca das baterias e manutenção das tags são atividades de responsabilidade da EC.

4.2.2 Proposta do Módulo PTAG-APH

A proposta da PTAG-APH consiste na identificação dos equipamentos integrantes das ambulâncias USA e USB, que são de difícil controle para os profissionais do APH.

A definição dos equipamentos para a identificação no sistema foi realizada em duas etapas, onde na primeira etapa foi definido um conjunto de equipamentos através dos

resultados obtidos no questionário aplicado aos profissionais do APH. Em seguida, os equipamentos definidos foram filtrados sob os critérios de dimensão física e mobilidade, onde foram definidos os equipamentos: maca rígida, maca retrátil, oxímetro portátil, glicosímetro, ventilador pulmonar, bomba de infusão de seringa, desfibrilador, cardioversor e rádio portátil.

A identificação dos equipamentos é realizada através da implantação de uma tag RFID Wi-Fi nos equipamentos presentes nas ambulâncias e no almoxarifado. Visando aumentar o tempo de vida útil das baterias das tags, e diminuir o fluxo de informações na rede, a tag pode ser configurada para transmitir suas informações em períodos de tempo pré-programado, de acordo com a média de intervalo entre um atendimento e outro de cada região. Porém, em casos emergenciais, onde ocorrer a necessidade de uma mesma ambulância ser solicitada a realizar um atendimento logo após seu retorno à central do APH, não havendo um tempo maior ou igual ao período pré-programado de comunicação da tag com o SI do APH, os profissionais do APH responsáveis pela TMH, poderão, através de um comando remoto de uma TIC conectada ao SI, realizar a comunicação das tags com o sistema a qualquer momento desejado.

Conforme o modelo PTAG-APH da Figura 16, toda TMH presente no serviço de APH, seja dentro das ambulâncias, EC ou almoxarifado, que passaram pelos critérios de dimensão física e mobilidade do equipamento, devem ser identificados pela tag RFID. E, para a leitura e identificação das tags, devem ser posicionados pontos de acesso que cubram todo o parque de ambulâncias, almoxarifado e o setor de EC.

Com isto, a plataforma pode identificar a TMH presente nas ambulâncias dentro do estabelecimento de APH, realizando o *checklist* automático dos equipamentos presentes nas ambulâncias, sua disponibilidade para os próximos atendimentos a vítimas, e o controle das TMH deixadas nos hospitais junto com a vítima socorrida.

Além disto, o uso das tags Wi-Fi para a identificação das TMH presentes no almoxarifado, e a cobertura Wi-Fi deste ambiente, permite o controle automático das TMH disponíveis para a devida reposição dos equipamentos nas ambulâncias.

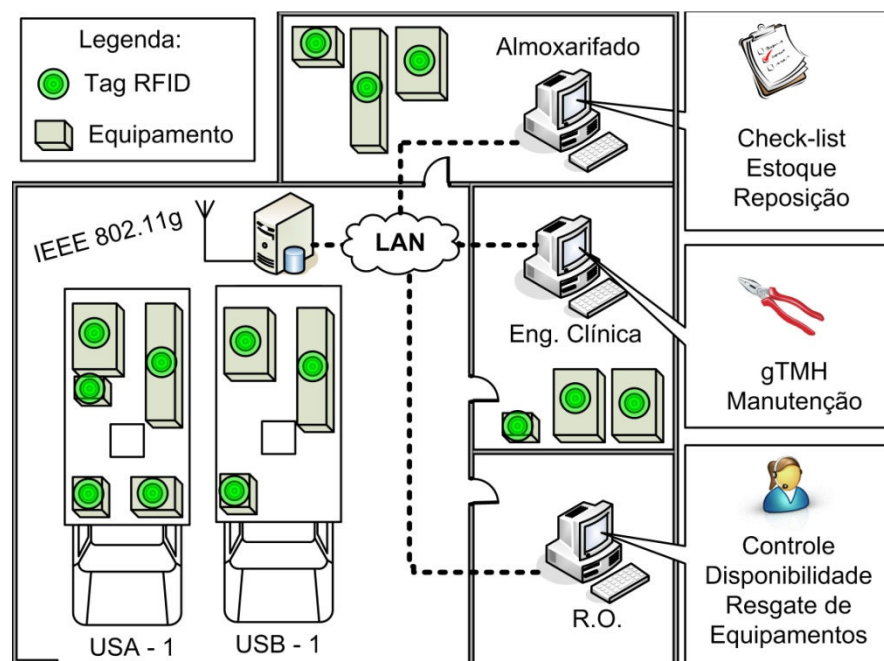


Figura 16 – Modelo do Módulo PTAG-APH Ilustrando as Diferentes Classes de Usuários: Almoxarifado, EC e RO.

Assim como no módulo PTAG-Hospital, o módulo PTAG-APH deve classificar seus usuários em categorias distintas: EC, RO, almoxarifado e demais profissionais do APH. Cada categoria, após o devido cadastramento e realização do *login* no sistema, estará habilitada a utilizar diferentes funcionalidades do sistema, de acordo com a necessidade de cada um, conforme apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 – Funcionalidades Disponíveis para Cada Categoria de Usuário do Módulo PTAG-APH.

Funcionalidades Disponíveis para Cada Categoria de Usuário do Módulo PTAG-APH.	
Engenharia Clínica	Gerenciamento das informações das TMH de forma remota; controle de entrada e saída das TMH da central de APH; acesso às informações das TMH deixadas nos hospitais; controle de equipamentos no almoxarifado; gerenciamento do nível de bateria das tags; e acesso à internet através da rede Wi-Fi.
RO	Controle de entrada e saída das TMH da central de APH; realização de <i>checklist</i> automático das TMH presentes nas ambulâncias; acesso às informações das TMH deixadas nos hospitais; controle das ambulâncias presentes na central de APH; verificação das ambulâncias equipadas com as TMH necessárias para o próximo atendimento; acesso à internet através da rede Wi-Fi.
Almoxarifado	Controle de entrada e saída das TMH da central de APH; realização de <i>checklist</i> automático das TMH presentes nas ambulâncias; acesso às informações das TMH deixadas nos hospitais; controle das ambulâncias presentes na central de APH; verificação das ambulâncias equipadas com as TMH necessárias para o próximo atendimento; controle das TMH presentes no almoxarifado; auxílio à reposição das TMH nas ambulâncias; acesso à internet através da rede Wi-Fi.

Funcionalidades Disponíveis para Cada Categoria de Usuário do Módulo PTAG-APH.**Demais
Profissionais**

Acesso à internet através da rede Wi-Fi.

Com a implementação desta plataforma poderão ser obtidos os seguintes benefícios:

- Diminuição da perda dos equipamentos deixados nos hospitais ou nos locais do atendimento;
- Automatização do *checklist*, visto que o tempo despendido para cada *checklist* é de 10 a 30 minutos por cada turno de trabalho da equipe;
- Aumento da disponibilidade das ambulâncias, uma vez que a ausência de algum equipamento na mesma a torna inoperante;
- Apoio ao R.O. no controle e resgate dos equipamentos.

4.3 Módulo PTAG-SAD

Neste terceiro módulo da plataforma, a partir dos estudos do SAD em âmbito nacional, são definidos: os RF e RNF, o modelo, as especificações e a proposta da PTAG-SAD.

4.3.1 Requisitos Funcionais e Não Funcionais para o Módulo PTAG-SAD

Os RF e RNF deste módulo são apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 – Requisitos para o Módulo PTAG-SAD.

Requisitos para o Módulo PTAG-SAD.	
Requisitos Funcionais	RF01: a plataforma deve permitir a autenticação do usuário;
	RF02: a plataforma deve identificar a presença das TMH no domicílio do paciente;
	RF03: a plataforma deve auxiliar no controle de entrada e saída das TMH do domicílio do paciente;
	RF04: a plataforma deve gerar alertas em casos de eventos de saída de equipamentos do domicílio;
	RF05: a plataforma deve oferecer condições de a EC realizar o gTMH de forma remota;
	RF06: a plataforma deve disponibilizar a informação da TMH através de TIC conectadas à rede;
	RF07: a plataforma deve permitir configurar as tags de forma remota, através de uma TIC conectada à rede;
	RF08: a plataforma deve enviar alertas à EC quando identificado o nível baixo da bateria das tags;
	RF09: a plataforma deve aferir a temperatura ou outra grandeza particular da TMH e disponibilizar a informação à EC;
	RF10: a plataforma deve enviar alertas à EC quando a temperatura dos equipamentos eletromédicos exceder o nível pré-estabelecido pelo engenheiro clínico;
	RF11: a plataforma deve enviar alertas à EC, quando o profissional responsável pelo manuseio do equipamento no SAD realizar uma solicitação, ao apertar um dos botões de alerta pré-configurado da tag;
	RF12: a plataforma deve permitir o acesso da EC ao sistema de gTMH dentro ou fora do domicílio do paciente.
Requisitos Não Funcionais	RNF01: integrar o módulo PTAG-SAD com o SI da EC;
	RNF02: as funcionalidades do sistema deverão ser disponibilizadas de acordo com o nível de acesso do profissional, após a efetuação do <i>login</i> ;
	RNF03: cada equipamento utilizado no SAD deve ser cadastrado com o endereço e os dados do paciente;
	RNF03: a integração entre a EC e o SAD deve ser realizada através de uma rede WAN;

Requisitos para o Módulo PTAG-SAD.

- RNF04: o sistema deve ser mantido através de um servidor de rede administrado pelo engenheiro clínico ou por um profissional definido para a função;
- RNF05: a troca das baterias e manutenção das tags são atividades de responsabilidade da EC.

4.3.2 Proposta do Módulo PTAG-SAD

A primeira etapa na implantação da proposta consiste na identificação das TMH do SAD através das tags RFID Wi-Fi, onde cada equipamento, identificado pela tag, deve ser cadastrado no SI da EC, contendo além dos dados da TMH, os dados referentes ao endereço do paciente onde a TMH será alocada.

A identificação da presença das tags no domicílio do paciente é realizada através de um ponto de acesso, que realiza a cobertura Wi-Fi do ambiente. E, a transmissão das informações entre o domicílio do paciente e a EC é realizada através da rede WAN, que conecta o SI da EC ao ponto de acesso presente no SAD; como ilustra a Figura 17.

Com isto, o engenheiro clínico, ao efetuar o *login* contendo seu nome de usuário e senha, é capaz de realizar, de forma remota, algumas atividades relacionadas ao gerenciamento das TMH presentes no domicílio do paciente. Tais como: identificação das TMH presentes no domicílio do paciente, informações sobre manutenções das TMH, receber alertas quando solicitado, receber alertas no sistema quando identificado o nível baixo da bateria das tags, e alterar as configurações das tags.

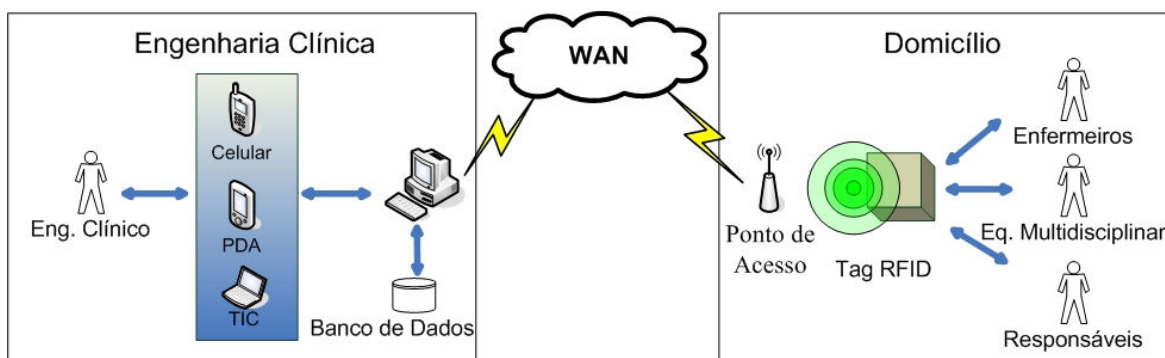


Figura 17 – Modelo do Módulo PTAG-SAD Ilustrando as Diferentes Classes de Usuários: Engenheiro Clínico, Equipe Multidisciplinar e Responsáveis Pelo Paciente.

Além disto, a tag pode ser programada para aferir temperatura dos equipamentos eletromédicos através do seu sensor de temperatura e transmitir esta informação à EC. Desta forma, a EC pode monitorar a temperatura dos equipamentos eletromédicos, e receber alertas caso a temperatura dos mesmos excederem os limites configurados pelo engenheiro clínico, para cada equipamento eletromédico do SAD.

Na Figura 18 é apresentada uma tela de demonstração para aplicações de monitoramento da temperatura dos equipamentos eletromédicos.

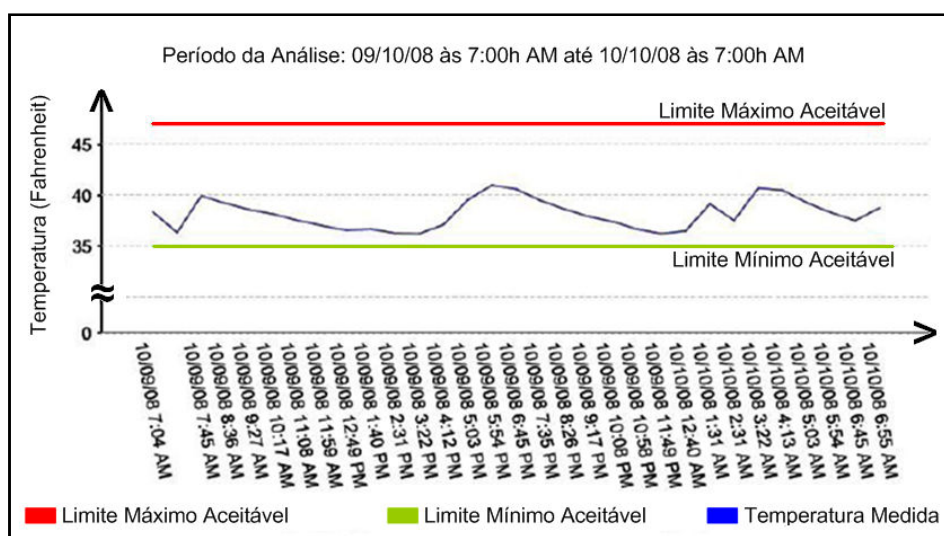


Figura 18 – Tela de Demonstração para Aplicações de Monitoramento de Temperatura dos Equipamentos Eletromédicos.

Caso a temperatura exceda o limite máximo pré-definido, o sistema deverá enviar um alerta ao engenheiro clínico através de uma TIC conectada à rede da EC. Em sequência, o engenheiro clínico obterá as informações do paciente que foram cadastradas no SI da EC, e poderá entrar em contato com o responsável pelo equipamento eletromédico no domicílio do paciente (médico, enfermeiro, equipe multidisciplinar, entre outros) para averiguar a causa do sobreaquecimento e executar as devidas medidas para solucionar o problema.

Conforme definido nos RF, as funcionalidades disponíveis no módulo PTAG-SAD são disponibilizadas de acordo com a categoria definida aos usuários (de acordo com a suas necessidades). As categorias são: EC, equipe multidisciplinar (médicos, enfermeiros, fisioterapeutas, entre outros) e os responsáveis pelo paciente com o devido treinamento para a tarefa.

São apresentadas, no Quadro 10, as funcionalidades disponíveis de acordo com as categorias definidas.

Quadro 10 – Funcionalidades Disponíveis para Cada Categoria de Usuário do Módulo PTAG-SAD.

Funcionalidades Disponíveis para Cada Categoria de Usuário do Módulo PTAG-SAD	
Engenharia Clínica	Identificar a presença das TMH no domicílio do paciente; controle de entrada/saída das TMH do domicílio; auxiliar no gTMH de forma remota; disponibilizar informações da TMH através de uma TIC conectada à rede; permitir a configuração das tags de forma remota; receber alertas quando identificado o nível baixo das baterias; verificar e receber alertas em relação a temperatura dos equipamentos; receber alertas enviados pela equipe multidisciplinar ou responsáveis pelo paciente.
Equipe Multidisciplinar e Responsáveis pelo Paciente	Enviar alertas solicitando o auxílio da EC, ao pressionar um dos botões pré-configurados das tags.

Alguns benefícios que podem ser obtidos pela EC e o SAD através PTAG-SAD:

- Aumentar o controle das informações da TMH no SAD;
- Identificar a presença das TMH no domicílio do paciente;
- Gerenciar, de forma remota, as manutenções das TMH;
- Receber, de forma imediata, alertas gerados pelos responsáveis das TMH no SAD, diante de algum problema identificado;
- Controlar, de forma remota, a temperatura dos equipamentos eletromédicos, podendo evitar acidentes com os mesmos;
- Benefícios relacionados à viabilização do SAD, como: redução de custos, convivência e participação da família, conforto, diminuição do índice de infecções, dedicação exclusiva, comodidade do lar, preservação da dimensão social do paciente, flexibilidade dos horários, redução do estresse emocional, atendimento personalizado e autonomia do paciente (TAVALORI, FERNANDES e MEDINA, 2000).

Além destes benefícios, a proposta de integrar os três módulos ao SI da EC permite que mesmo os equipamentos utilizados no SAD ou no APH, ao adentrarem o hospital, continuem sendo identificados pelo setor de EC, aumentando, desta forma, a atuação e visibilidade da EC sobre o parque tecnológico.

5 PROTOTIPAÇÃO

A construção de modelos concretos, protótipos, destinados a testes e avaliações prévias é uma prática há muito utilizada nos diversos ramos de engenharia. Um protótipo é desenvolvido, principalmente, com a finalidade de avaliar e testar os requisitos de um dado projeto (FILHO, 1990).

Alguns dos benefícios que podem ser obtidos com a prototipação são (FILHO, 1990):

- Validar requisitos especificados na proposta;
- Reduzir incertezas sobre as funcionalidades da proposta;
- Atenuar os riscos de se verificar erros, incoerências ou omissões nos requisitos em uma fase avançada do desenvolvimento da plataforma;
- Permitir a identificação de refinamentos necessários à proposta da plataforma;
- Oferecer resultados rápidos e com custos reduzidos para apresentação da usabilidade da plataforma.

A tipologia dos protótipos a serem usados depende da finalidade a que os mesmos se destinam, e da metodologia a ser adotada. Na prototipação da PTAG foi usada a tipologia de prototipação estrutural e exploratória, ou seja, a mesma possui a finalidade de explorar questões arquiteturais e técnicas da plataforma e, após sua avaliação, os resultados são utilizados e o protótipo é descartado sem a intenção de transformá-lo na plataforma final (FILHO, 1990).

Na Figura 19 é apresentado este modelo de prototipação que orientou o desenvolvimento do protótipo, com o objetivo de validação de alguns requisitos atribuídos à PTAG.

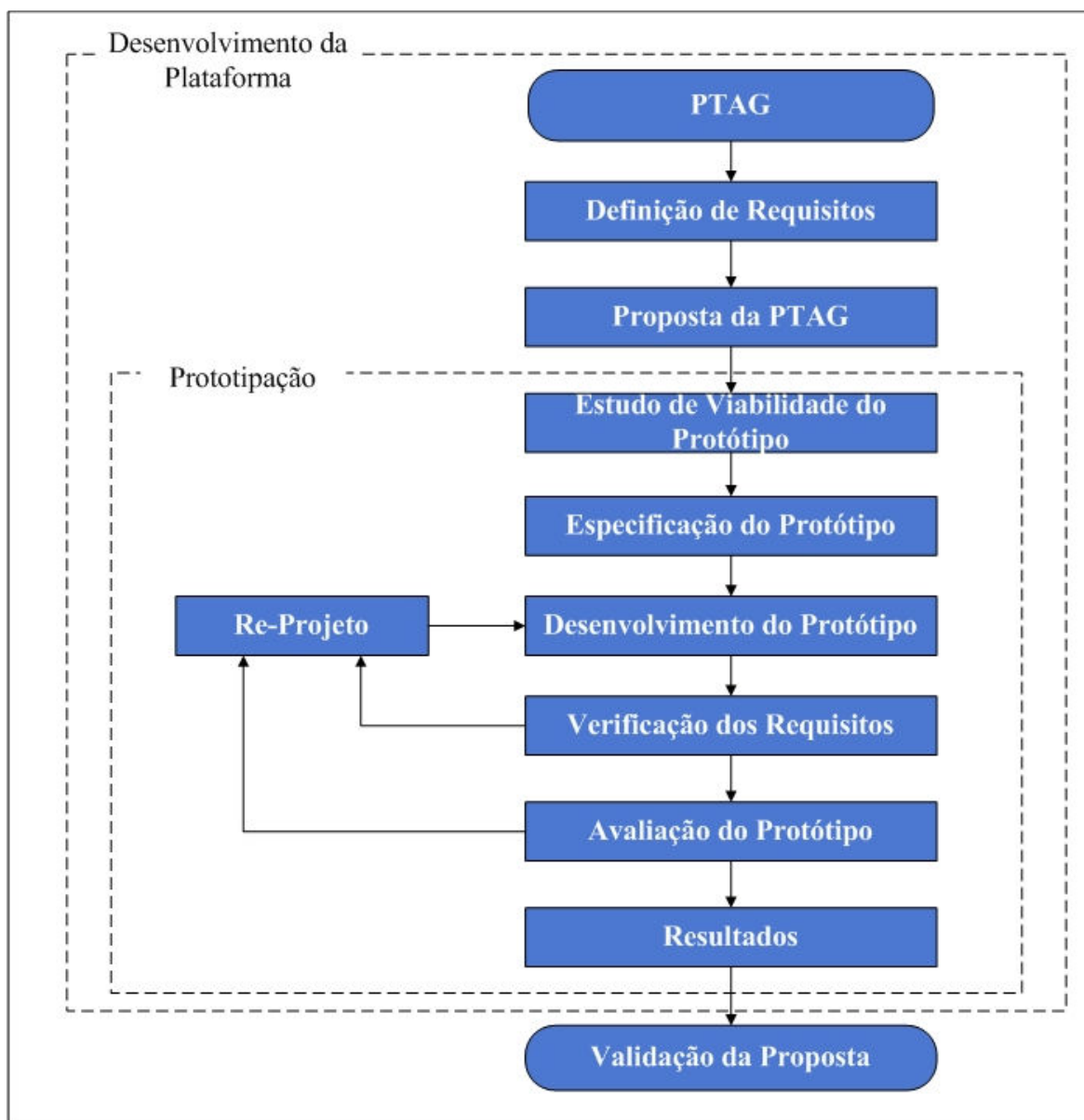


Figura 19 – Modelo de Prototipação da PTAG.
Modificado de: FILHO, 1990.

Conforme é apresentado neste modelo, o processo de prototipação é constituído de seis etapas, além da etapa do re-projeto, caso seja necessário. Estas etapas vão desde o estudo de viabilidade do protótipo até a obtenção dos seus resultados, onde o objetivo final é a validação da proposta.

5.1 Estudo de Viabilidade do Protótipo

O estudo de viabilidade é a primeira etapa da técnica de prototipação. Nela são colocados em pauta requisitos fundamentais para o desenvolvimento de um protótipo.

Aplicando este conceito à presente proposta, foram definidos requisitos fundamentais para tornar o protótipo viável: definição do objetivo, definição do ambiente para implantação do protótipo e disponibilização dos recursos necessários (FILHO, 1990).

5.1.1 Objetivo do Protótipo

O objetivo principal do uso da prototipação consistiu em desenvolver um modelo tangível à plataforma, o qual permitisse realizar simulações funcionais visando auxiliar na obtenção de melhorias e aperfeiçoamentos, bem como avaliar e validar a proposta mediante seus requisitos funcionais e sua contribuição para a EC.

Para tal, o protótipo foi focado no módulo PTAG-Hospital devido, principalmente, à facilidade de acesso aos hospitais, proporcionada pelos engenheiros clínicos do CEGED-TMH que atuam nos mesmos (CEGED-TMH).

5.1.2 Definição do Ambiente para Implantação do Protótipo

O ambiente definido para a implantação do protótipo foi o setor de UTI de um hospital de Florianópolis. Este setor foi escolhido, dentre outros, devido à sua complexidade na realização do gTMH eficiente, influenciada pela significativa concentração de equipamentos eletromédicos em relação a outros setores (como pode ser observado no Quadro 11). Além da grande mobilidade da TMH neste setor, dada a necessidade de deslocar os pacientes da UTI até os demais setores do hospital, junto com os equipamentos de suporte à vida.

Quadro 11 – Características da UTI do Hospital de Florianópolis.

Características da UTI do Hospital de Florianópolis	
Área da UTI Geral	134,25 m².
Nº Leitos Ativos da UTI Geral	5.
Total de equipamentos do hospital	856 equipamentos.
Equipamentos da UTI Geral	97 equipamentos.

5.1.3 Disponibilização dos Recursos Necessários

Para a viabilização do protótipo, foi desenvolvido um kit para teste e avaliação da tecnologia RFID, fabricado pela empresa Ekahau®. O referido kit é constituído pelos itens apresentados no Quadro 12 (EKAHAU, 2009).

Quadro 12 – Itens Pertencentes ao Kit de Avaliação da Tecnologia RFID.
Fonte: EKAHAU, 2009.

EDK-4x - Evaluation Kit Ekahau		
Equipamentos	Quantidade	Descrição
Aplicativos	1	Aplicativo de auxílio à customização do ambiente para aplicações RTLS;
		Servidor para gerenciamento das tags;
		Aplicativo para gerenciamento e configuração remota das tags.
Licença	1	Licença para rastreamento de 15 tags.
EDK-SUP	1	Suporte técnico com validade para 1 ano.
T301 RFID Wi-Fi	5	Tags do tipo T301 RFID Wi-Fi.
T301 Mounting Plates	5	Suportes para montagem das tags.
Pilha CR2	10	Pilhas de 3 volts para o suprimento energético da tag.
NIC 300	1	Adaptador PCI ⁷ para captura de sinais Wi-Fi.
Ponto de Acesso Wi-Fi	2	Pontos de Acesso com padrão de comunicação Wi-Fi (IEEE 802.11g).

A tag incluída no kit, tag T301, foi selecionada de acordo com a proposta e requisitos do protótipo. Alguns dos seus dados são apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 –Dados da Tag T301.
Fonte: EKAHAU, 2009.

Dados da Tag T301	
Especificações Técnicas	Padrão Wi-Fi: 802.11b;
	Modo de transmissão: DSSS;
	Segurança: WEP e WPA2-PSK;
	Potência de Saída: +11,5 dBm.
Interface Elétrica	Fonte de alimentação: 2xCR2 (baterias de lítio);
	Antena: 2 antenas omnidirecionais.
Interface do Usuário	2 botões;
	2 leds de indicação;
	1 sirene;
	1 sensor de movimento.
Alcance	Ambiente aberto: 100 a 150 metros;

⁷ PCI é um elemento para conectar periféricos em computadores baseado em uma arquitetura específica.

Dados da Tag T301	
Dados Físicos	Ambiente fechado: 40 a 60 metros.
	Dimensões: 45x55x19 milímetros;
	Peso: 48 gramas.

5.2 Especificação do Protótipo

A especificação do protótipo foi definida com base nas especificações propostas no módulo PTAG-Hospital. Porém, como o objetivo da prototipação é desenvolver apenas um protótipo tangível à plataforma, alguns dos requisitos propostos no módulo não foram igualmente atribuídos ao protótipo.

Os RF e RNF atribuídos ao protótipo são apresentados no Quadro 14:

Quadro 14 – Requisitos do Protótipo de PTAG-Hospital.

Requisitos do Protótipo do módulo PTAG-Hospital.	
Requisitos Funcionais	RF01: o protótipo deve emitir, através de dispositivos conectados ao sistema, um sinal sonoro e/ou visual através da sirene e do led presente na tag, auxiliando na localização das TMH (RF05 do módulo PTAG-Hospital);
	RF02: o protótipo deve permitir a emissão de solicitação de auxílio da EC, ao se apertar um dos botões pré-configurados presentes na tag (RF06 do módulo PTAG-Hospital);
	RF03: o protótipo deve permitir configurar as tags de forma remota, através de uma TIC conectada à rede Wi-Fi do hospital (RF08 do módulo PTAG-Hospital);
	RF04: o protótipo deve enviar alertas à EC, quando identificado o baixo da bateria das tags (RF11 do módulo PTAG-Hospital);
	RF05: o protótipo deve permitir o acesso à <i>internet</i> pelos profissionais do hospital (RF012 do módulo PTAG-Hospital);
	RF06: o protótipo deve permitir a identificação da movimentação dos equipamentos na UTI.
	RF07: o protótipo deve permitir identificar a localização aproximada dos equipamentos da UTI (RF04 do módulo PTAG-Hospital).
Requisitos Não Funcionais	RNF01: as funcionalidades do sistema deverão ser disponibilizadas de acordo com o nível de acesso do profissional, após a devida efetuação do <i>login</i> (RNF02 do módulo PTAG-Hospital);
	RNF02: o sistema será mantido através de um servidor de rede administrado pelo engenheiro clínico ou por um profissional definido para a função (RNF03 do módulo PTAG-Hospital);
	RNF03: o cadastro de novas TMH no SI, e anexação das tags nas mesmas são de responsabilidade da EC (RNF04 do módulo PTAG-Hospital);
	RNF04: a troca das baterias e manutenção das tags são atividades de responsabilidade da EC (RNF05 do módulo PTAG-Hospital).

5.3 Desenvolvimento do Protótipo

De acordo com os resultados obtidos com a aplicação dos questionários aos engenheiros clínicos dos hospitais da Grande Florianópolis, e com o auxílio dos profissionais atuantes no setor de UTI do hospital de Florianópolis, foram definidos os equipamentos eletromédicos a serem identificados pelas tags RFID: ventilador pulmonar e equipamento de ultra-som.

As demais tags disponibilizadas para a implementação do protótipo foram alocadas para os testes em laboratório e avaliação dos profissionais da área.

Apesar da aplicação adequada do sistema RTLS requerer pelo menos três pontos de acesso para a localização das tags, na implementação do protótipo, devido às características do ambiente da UTI, o uso de apenas dois pontos de acesso foi suficiente para atender os requisitos do protótipo. Portanto, para a cobertura Wi-Fi da UTI e o gerenciamento dos equipamentos identificados pelas tags, os dois pontos de acesso foram posicionados conforme indicado na Figura 20:

- “ponto de acesso 1”: posicionado na sala de reuniões da UTI;
- “ponto de acesso 2”: posicionado no corredor de acesso à UTI.

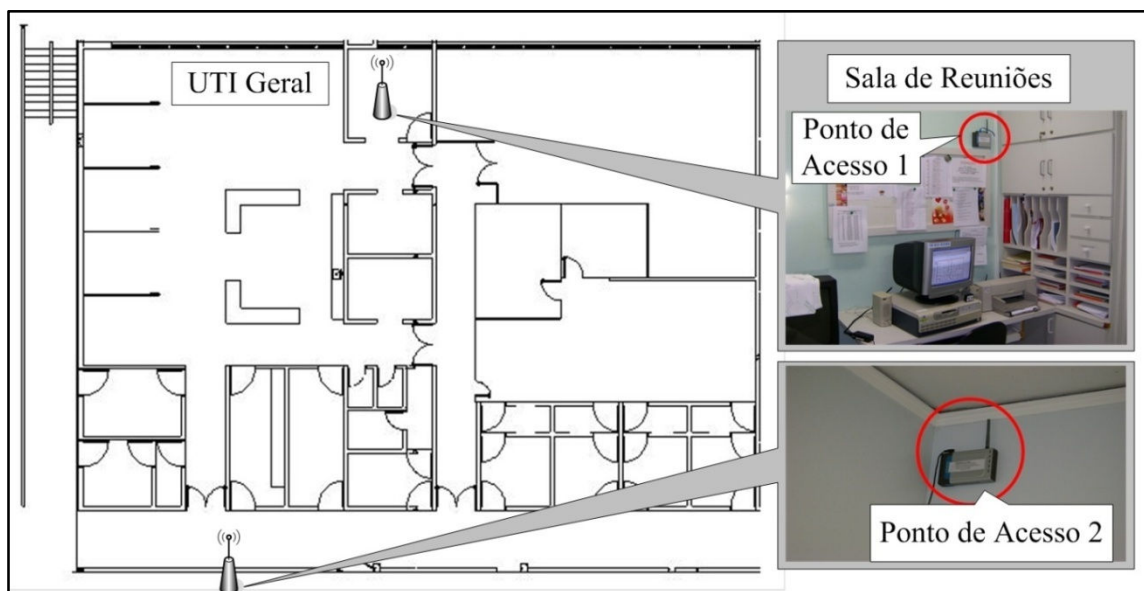


Figura 20 – Posicionamento dos Pontos de Acesso na Sala de Reuniões e Corredor de Acesso à UTI.

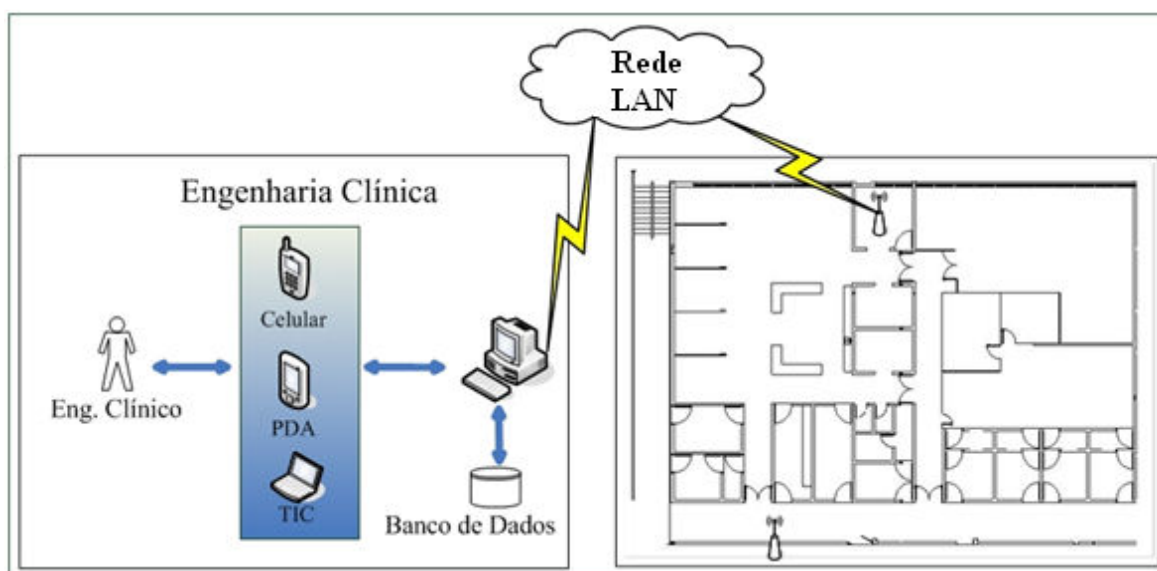
O ponto de acesso 1, posicionado na sala de reuniões, foi conectado à rede interna do hospital. Suas configurações foram definidas de acordo com o Quadro 15.

Quadro 15 – Configurações Definidas ao Ponto de Acesso 1.

Configurações do Ponto de Acesso 1	
SSID ⁸ :	IEB-UFSC1.
Canal de comunicação:	1.
Criptografia:	habilitada.
Protocolo de criptografia:	WPA2-PSK.
Configurações da rede WAN:	IP estático.
DHCP:	Desabilitado, porque o servidor do hospital já é configurado para definir o IP da rede.

O ponto de acesso 2 não foi conectado à rede interna do hospital, porque sua funcionalidade consistiu, apenas, em emitir um sinal de referência para o auxílio na localização das tags no hospital. Ao mesmo foi atribuído o SSID “IEB-UFSC2”.

Com a conexão do ponto de acesso “IEB-UFSC1” à rede hospitalar, estabeleceu-se a comunicação entre o setor de EC e o ponto de acesso, permitindo, desta forma, a realização de algumas atividades relacionadas ao gTMH pelo engenheiro clínico de forma remota, através de uma TIC, portando *browser*, conectada à rede de comunicação hospitalar, conforme o modelo apresentado na Figura 21.

**Figura 21** – Modelo do Protótipo do Módulo PTAG-Hospital Implementado na UTI do Hospital de Florianópolis.

A etapa seguinte à implantação dos pontos de acesso consistiu em customizar a tecnologia RFID aos requisitos atribuídos ao protótipo. A partir da planta baixa da UTI

⁸ SSID: acrônimo de “Service Set Identifier”, que é um termo atribuído a uma rede sem fio local para identificação dos dispositivos.

Geral, definiu-se, com o auxílio do engenheiro clínico e profissionais da saúde atuantes no setor, os trajetos pelos quais os equipamentos são geralmente transportados.

Na Figura 22, os trajetos definidos no protótipo são representados pelas linhas segmentadas indicadas no mapa.

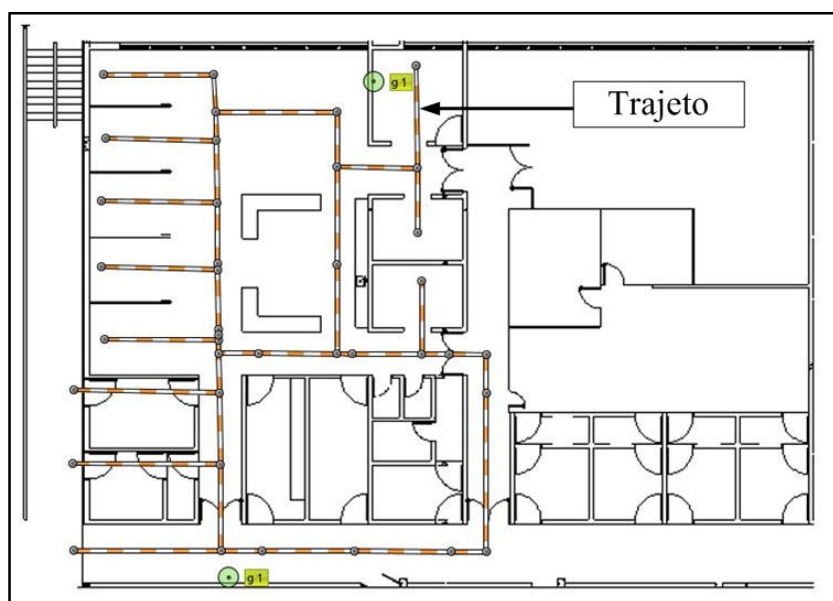


Figura 22 – Definição dos Trajetos pelos Quais os Equipamentos são Geralmente Transportados.

Após a definição dos trajetos, foram realizadas medições dos campos eletromagnéticos emitidos pelos pontos de acesso: IEB-UFSC1 e IEB-UFSC2 ao longo dos trajetos. Para tal, foram utilizados um *notebook*, uma placa PCI com suporte Wi-Fi conectada ao *notebook* (NIC-300), e um *software* específico para este tipo de medição (Ekahau Site Survey - ESS).

Portando a NIC-300 e o ESS, caminhou-se, em ritmo constante, pelos trajetos definidos no mapa, medindo e registrando os campos eletromagnéticos gerados pelos pontos de acesso ao longo dos trajetos. Entretanto, com o intuito de não interferir na rotina dos profissionais da saúde, nem todos os trajetos definidos anteriormente foram submetidos às medições dos campos eletromagnéticos, como é o caso dos leitos da UTI.

Na Figura 23, os trajetos percorridos para medir e registrar os campos eletromagnéticos, provenientes dos pontos de acesso, são representados pelas retas contendo seta indicadas no mapa.

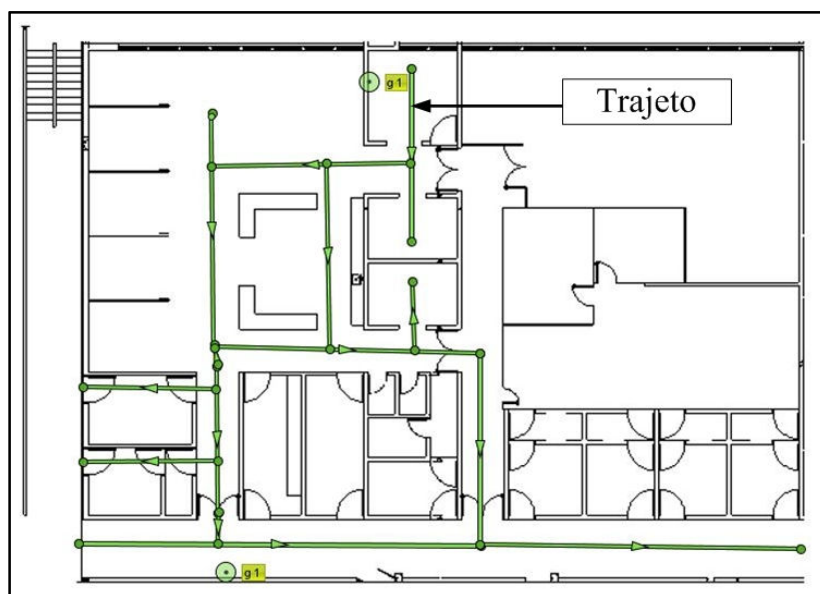


Figura 23 – Trajetos Pelos Quais Foram Realizadas Medições e Registros dos Campos Eletromagnéticos Gerados pelos Pontos de Acesso IEB-UFSC1 e IEB-UFSC2.

A partir dos registros dos campos eletromagnéticos realizados na UTI Geral e áreas adjacentes, o ESS plotou automaticamente o gráfico apresentado na Figura 24, onde são destacados os níveis de campos eletromagnéticos em cada área do mapa.

Contudo, a ausência do terceiro ponto de acesso fez com que o gráfico apresentasse regiões com níveis de campos eletromagnéticos semelhantes no lado esquerdo e direito do mapa, oferecendo resultados insatisfatórios na localização das tags. Desta forma, durante os testes, por existirem valores de campos eletromagnéticos semelhantes no mapa, uma tag colocada no setor de UTI era apresentada pelo sistema, em alguns casos, como se estivesse em outro setor ao lado direito do mapa, como a Sala de Recuperação.

A solução encontrada para isto foi definir áreas denominadas de “espaços abertos”. Este é um recurso que permite ao projetista fazer com que o sistema desconsidere algumas áreas do mapa na aplicação de localizar as tags. Neste caso, foram desconsideradas do sistema, definidas como espaços abertos, áreas adjacentes ao setor de UTI, que se localizam no lado direito do mapa, e que dificultavam a localização das tags, como a Sala de Recuperação. Além destas áreas, foram definidas como espaços abertos áreas com insignificante probabilidade dos equipamentos serem colocados, como banheiros, descanso, copa e sala de espera.

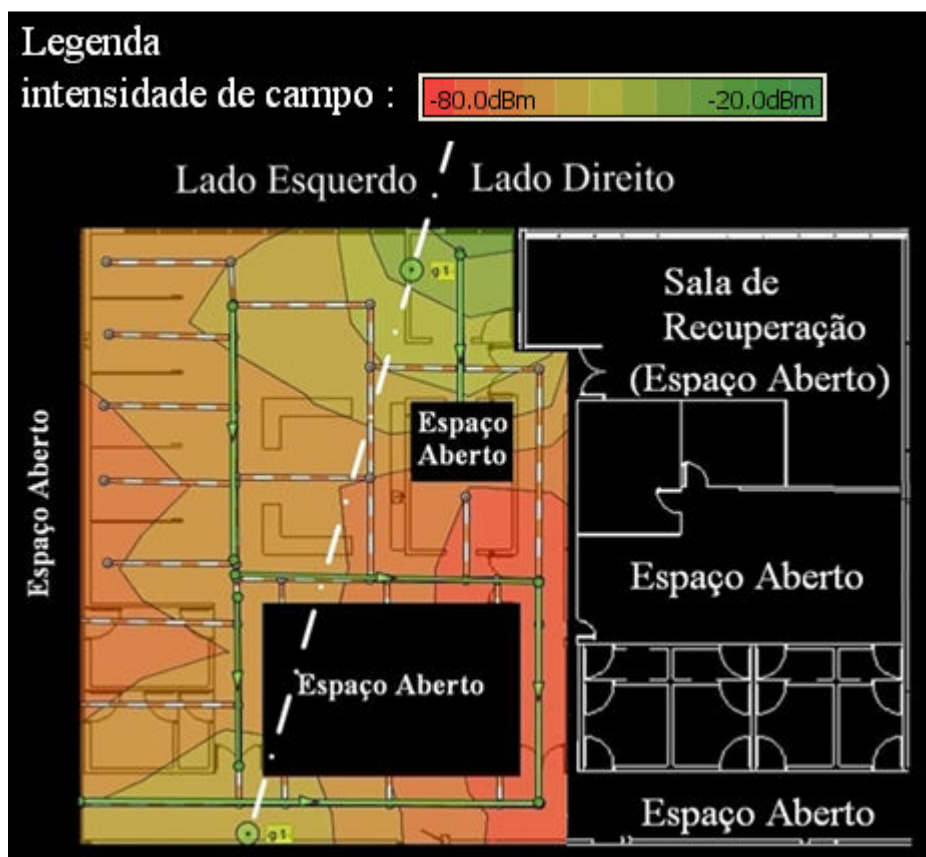


Figura 24 – Resultados das Medições dos Campos Eletromagnéticos Realizadas na UTI Geral e Áreas Adjacentes.

Após a definição dos espaços abertos, foi realizado um teste com o objetivo de verificar a capacidade do sistema em identificar a localização aproximada das tags no mapa da UTI. Conforme é apresentado na Figura 25, o teste consistiu em anexar duas tags nas portas de acesso à UTI Geral, e verificar no sistema a localização indicada pelo mesmo.

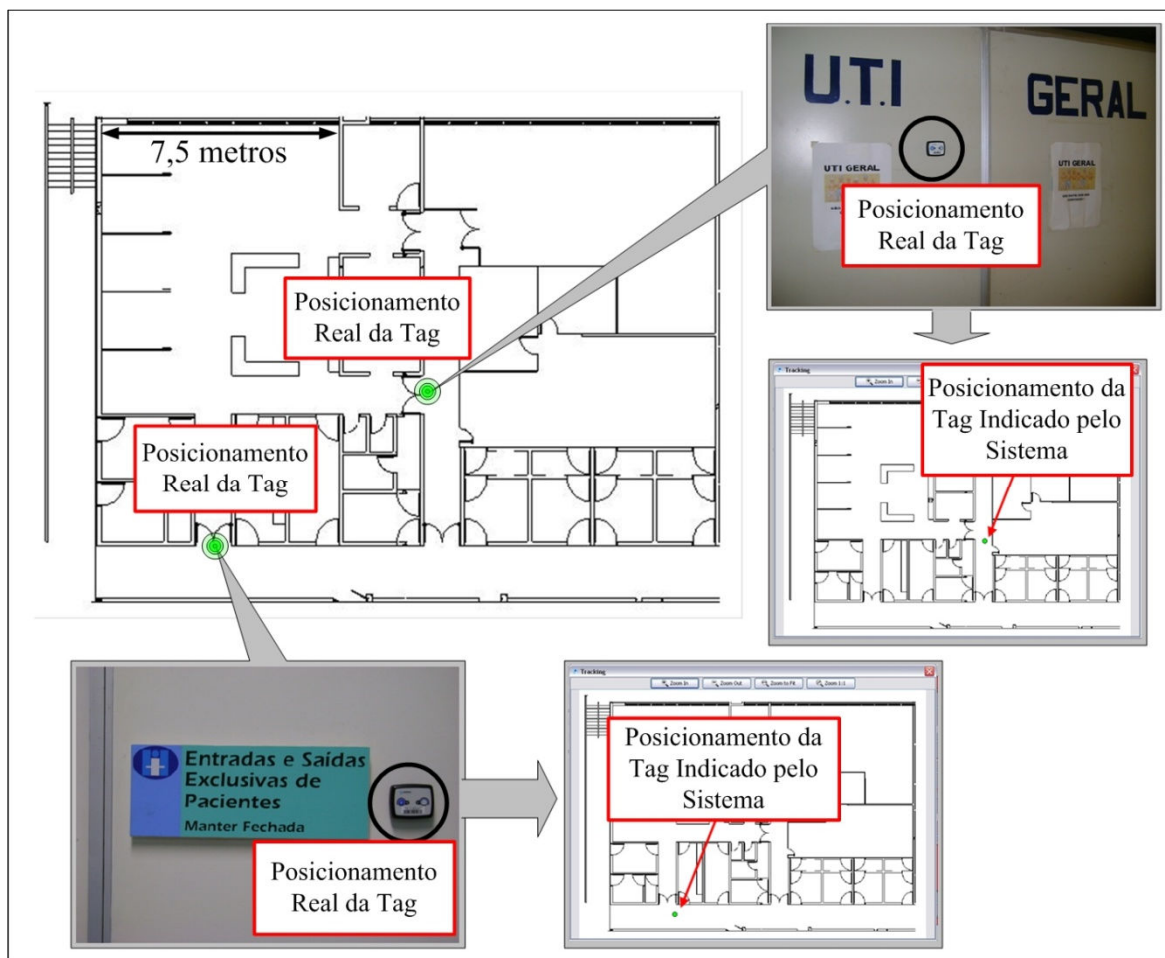


Figura 25 – Teste Realizado Para Verificar a Capacidade do Protótipo em Localizar de Forma Aproximada a Tag.

Com base neste teste realizado, e os resultados apresentados na Figura 25, pode-se afirmar que a exatidão oferecida nesta funcionalidade atende ao requisito do protótipo, que é oferecer uma localização aproximada dos equipamentos.

Em seguida, antes de anexar as tags nos equipamentos, as mesmas foram configuradas conforme o Quadro 16.

Quadro 16 – Configurações das Tags.

Configurações das Tags	
Canal de comunicação:	1.
Localização periódica:	Desativada (a tag, quando não estiver em movimento, não se comunicará com o servidor, com o objetivo de aumentar a vida útil das baterias).
Período de Manutenção:	12 horas (a cada 12 horas as tags devem se comunicar com o servidor, para verificar a existência de alterações nas configurações das tags).

Configurações das Tags	
Sensor de movimento:	Sensor ativado. Ou seja, ao detectar um movimento, as tags irão se reportar ao servidor.
Sinalização de eventos:	Sinalização de eventos durante e após a identificação de movimento das tags. Ou seja, as tags se comunicarão periodicamente com o servidor durante o movimento, e 5 segundos após o término do movimento.
Sensor de tamper:	Sensor ativado. Ou seja, as tags irão identificar e se reportar ao servidor quando ocorrer a abertura do seu encapsulamento.
Tempo estimado de vida útil das baterias:	5 anos. Ou seja, considerando que as tags se movimentarão pelo menos 1 (uma) vez por dia, com duração de 1 (um) minuto por movimento, a autonomia estimada da sua bateria é de 5 anos.

Conforme a Figura 26, as tags foram anexadas aos equipamentos com o auxílio de uma fita dupla face, e revestidas por um papel *contact* transparente, com o objetivo de auxiliar os profissionais do hospital na limpeza dos equipamentos. Cada tag recebeu, no servidor do protótipo, um nome para facilitar a identificação dos equipamentos, sendo: “Ventilador Pulmonar” para a tag anexada ao ventilador pulmonar e “Equipamento de Ultra-Som”.



Figura 26 – Anexação das Tags aos Equipamentos: Ventilador Pulmonar e Equipamento de Ultra-Som.

Anexadas as tags aos equipamentos, cada equipamento foi movimentado para induzir as tags a emitirem um sinal de comunicação com o servidor. Com isto, foi possível identificar a movimentação das tags, sua posição no mapa da UTI, e o nome do equipamento movimentado.

A Figura 27 é uma impressão da tela do servidor do protótipo, presente na sala de reuniões. Nesta figura pode-se visualizar a tela do servidor, no qual aparece o nome da tag, o nome do local onde a mesma se encontra, e sua posição no mapa, indicado pelo ponto azul. Ainda na Figura 27, foi colocado um ponto verde para indicar a posição real na qual o equipamento realmente estava. Desta forma, pode-se notar um erro entre a posição real e a posição indicada pelo sistema.

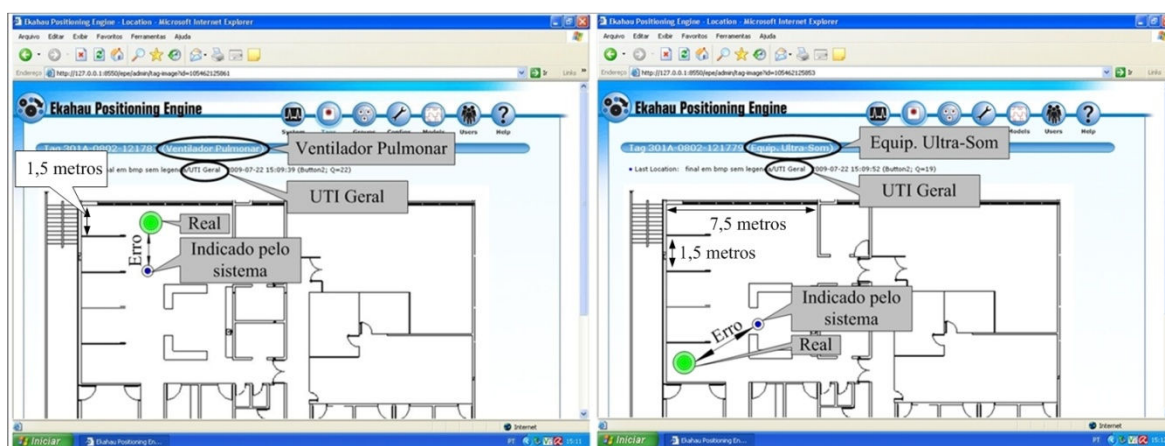


Figura 27 – Tela com a Localização Aproximada dos Equipamentos Identificados pelas Tags na UTI Geral.

Lembrando que, de acordo com o manual dos equipamentos, a precisão na localização das tags está sujeita a um erro que depende da quantidade dos pontos de acesso presentes no ambiente, estrutura física dos ambientes, interferências eletromagnéticas, entre outros fatores (EKAHAU, 2008).

Entretanto, comparado ao primeiro teste, no qual as tags foram colocadas na porta de acesso à UTI Geral, a localização das tags no primeiro teste foi visualmente mais precisa. Uma vez que as condições físicas do ambiente e o número de pontos acessos foram os mesmos para os dois testes, algumas peculiaridades entre os dois testes podem ser levantadas, como hipótese para justificar a diferença na exatidão dos dois testes:

- Altura das tags em relação ao solo: a altura das tags pode ser um fator que influencia na precisão do sistema, uma vez que em locais baixos pode haver uma visada mais obstruída do que em locais mais altos;
- Quantidade de medições realizadas: com o objetivo de não interferir na rotina dos profissionais da saúde, as medições realizadas na UTI Geral foram limitadas aos locais onde a circulação foi autorizada pelos profissionais. Por isto, a densidade de pontos medidos e registrados na UTI

Geral foi menor do que nas demais áreas do mapa, podendo interferir na precisão da localização;

- Características dos ambientes: as variações nos níveis dos campos eletromagnéticos são mais significativas entre locais separados por paredes e portas, que atenuam o sinal. Desta forma, é possível identificar com maior precisão quando uma tag muda de ambiente. Porém, em ambientes grandes, os níveis de campos eletromagnéticos tendem a ser mais homogêneos, dificultando a determinação da localização precisa das tags.

Contudo, deve-se levar em conta que, mesmo havendo um erro na localização dos equipamentos, o protótipo é capaz de identificar o ambiente que os mesmos se encontram, e identificar quando os equipamentos são retirados do setor da UTI Geral, que são parte dos requisitos atribuídos ao protótipo.

Por fim, a última etapa do desenvolvimento do protótipo consistiu em disponibilizar toda informação do servidor ao setor de EC, através de uma interface que permitisse, além de auxiliar no gTMH, oferecer um certo grau de liberdade ao engenheiro clínico para customizar o protótipo às suas necessidades. Para tal, foi instalado no computador servidor (computador presente na sala de reuniões) um aplicativo responsável por oferecer acessibilidade e usabilidade do protótipo, através de uma interface *web* chamada Ekahau Vision®.

Conforme é apresentado na Figura 28, nesta interface do protótipo são disponibilizadas funcionalidades como: identificação das tags, nome, localização aproximada, última comunicação realizada, condições da bateria, configurações, *login* e *logout*, criação de regras, identificação de eventos e estatísticas de eventos. Desta forma, o engenheiro clínico, através de um *browser* utilizando uma TIC conectada à rede hospitalar, dispõe de todas estas funcionalidades disponibilizadas pela interface do protótipo.

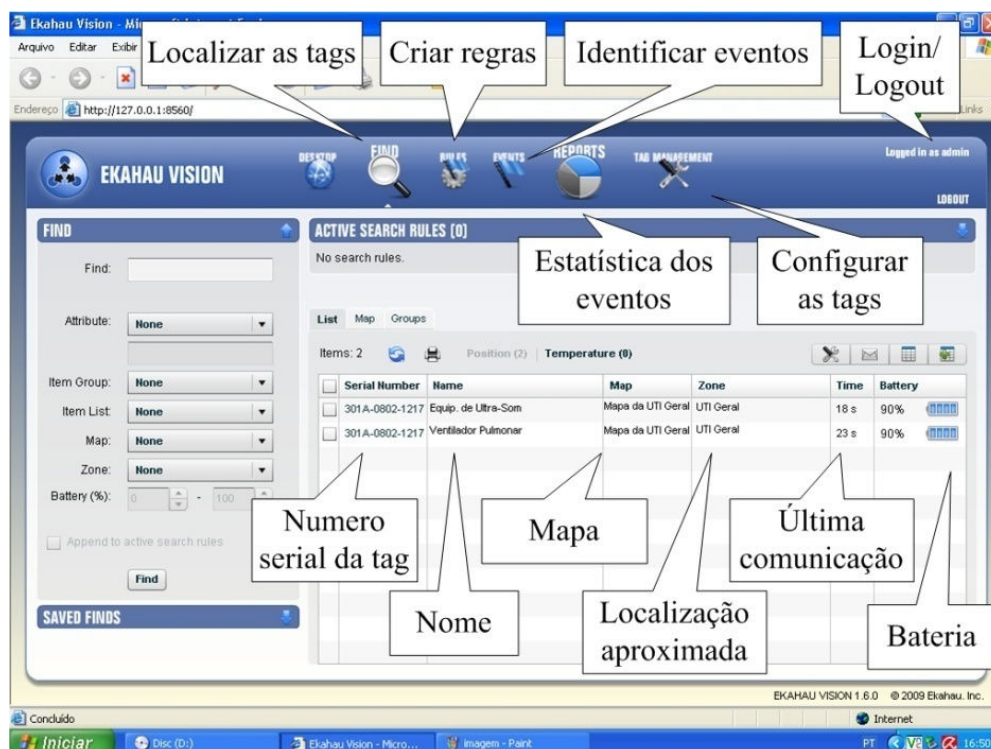


Figura 28 – Tela Funcionalidades Disponibilizadas na Interface do Protótipo.

Conforme citado, a criação de regras é um recurso que permite ao engenheiro clínico criar ou definir regras envolvendo as tags. A partir das regras criadas, a EC recebe um aviso ou alerta, através da interface do protótipo, a cada evento em que a tag executar uma ação que se enquadre na regra definida. Por exemplo, o engenheiro clínico pode criar e aplicar uma regra para receber um alerta do sistema toda vez que for identificada a saída de uma TMH da UTI.

As regras definidas para o protótipo são apresentadas no Quadro 17.

Quadro 17 – Regras Definidas e Aplicadas às TMH.

Regras Definidas e Aplicadas às TMH.	
Pressionamento do Botão:	Evento ativado pelo pressionamento de um dos botões da tag.
Movimentação:	Evento ativado pela movimentação da tag.
Saída da UTI Geral:	Evento ativado pela saída da tag da UTI Geral.
Entrada na UTI Geral:	Evento ativado pela entrada da tag na UTI Geral.
Remoção do Tamper:	Evento ativado pela abertura do encapsulamento da tag.
Nível da bateria:	Evento ativado quando o nível da bateria da tag estiver abaixo de 10% de sua capacidade total.

Com a ocorrência de cada evento, é enviada uma mensagem direcionada ao setor de EC, através de um *pop-up*, contendo o tipo de evento, nome atribuído à tag (TMH) e a localização aproximada da TMH no setor.

A Figura 29 é um exemplo de notificação de movimentação da tag.

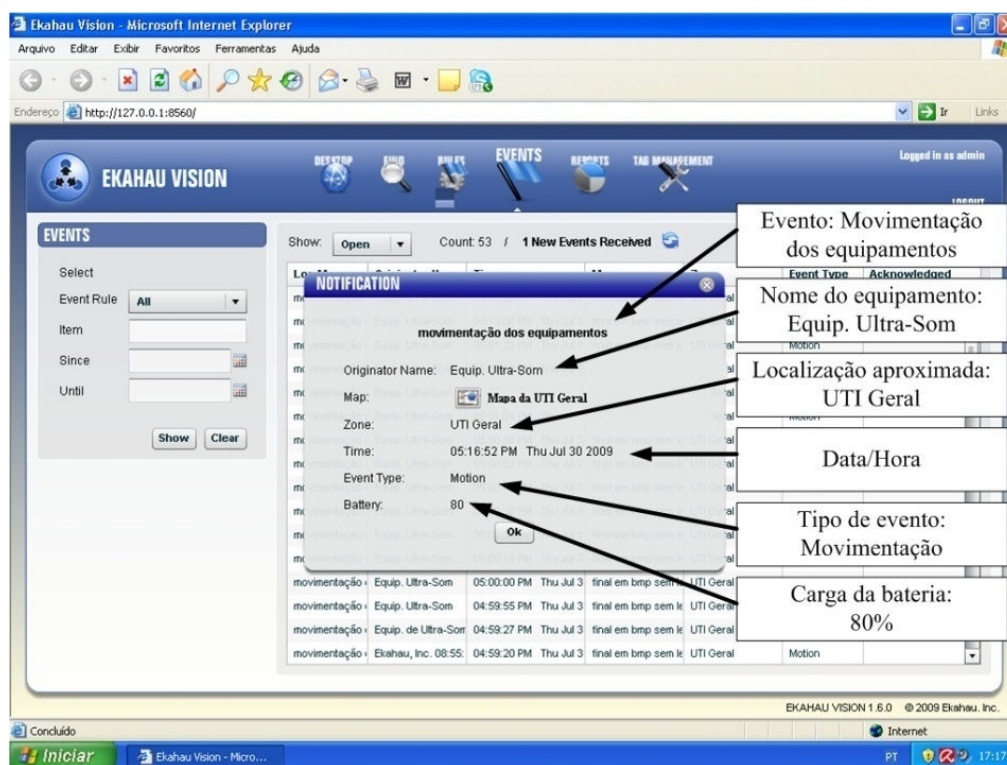


Figura 29 – Exemplo de Notificação de Movimentação da Tag.

Com isto, concluiu-se esta etapa de desenvolvimento do protótipo, dando sequência ao processo de prototipação na verificação dos seus requisitos.

5.4 Verificação dos Requisitos

A verificação dos requisitos é uma metodologia que foi adotada visando obter indicadores que auxiliassem na avaliação do protótipo em relação aos seus requisitos funcionais.

Conforme o modelo da Figura 30, esta metodologia consistiu na simulação de eventos com o objetivo de avaliar as diferentes funcionalidades do protótipo, como o deslocamento de um equipamento, solicitação de auxílio da EC, acesso remoto às informações, etc.

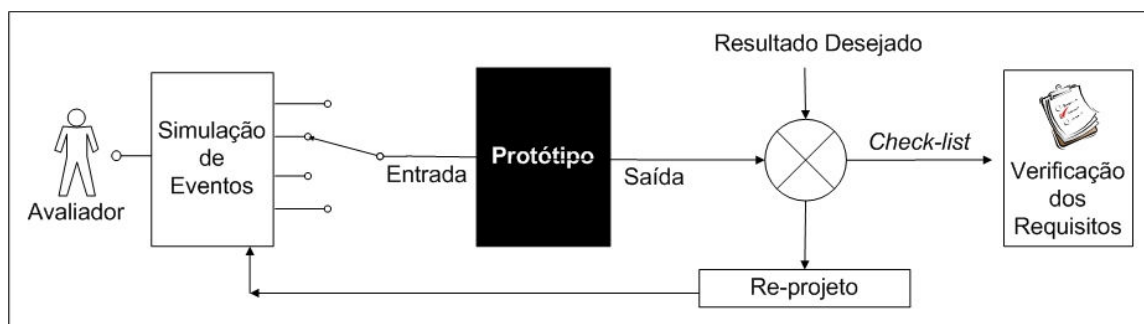


Figura 30 – Exemplo Modelo da Metodologia Usada Para a Verificação dos Requisitos.

Em seguida, os resultados da interação do protótipo com os eventos simulados foram analisados e comparados aos resultados desejados pela proposta da plataforma. Desta forma foi possível verificar se cada requisito funcional proposto ao protótipo foi de fato atendido, ou se é necessário realizar o re-projeto do protótipo.

No Quadro 18 encontram-se os eventos simulados para a avaliação do protótipo e a verificação dos seus requisitos funcionais.

Quadro 18 – Checklist dos Requisitos Funcionais do Protótipo.

Checklist dos Requisitos Funcionais do Protótipo	
Eventos Simulados	Verificação
RF01: emitir, através de dispositivos conectados ao sistema, um sinal sonoro e/ou visual através da sirene e do led presente na tag auxiliando na localização das TMH.	Requisito atendido
RF02: emitir alerta ao sistema da EC solicitando auxílio ao se apertar um dos botões pré-configurados presentes na tag.	Requisito atendido.
RF03: permitir configurar as tags de forma remota, através de uma TIC conectada à rede Wi-Fi do hospital.	Requisito atendido.
RF04: enviar alertas à EC quanto ao nível baixo da bateria das tags.	Requisito atendido.

<i>Checklist dos Requisitos Funcionais do Protótipo</i>	
RF05: permitir o acesso à <i>internet</i> pelos profissionais do hospital.	Requisito atendido.
RF06: identificar a movimentação dos equipamentos na UTI.	Requisito atendido.
RF07: permitir a localização aproximada dos equipamentos da UTI.	Requisito atendido.

5.5 Avaliação do Protótipo

O objetivo desta etapa é avaliar o protótipo a partir das interações e percepções do seu público alvo, que são os engenheiros clínicos. Para isto, foi usada a metodologia de avaliação de usabilidade, que consiste na avaliação do protótipo centrada nos usuários por meio da técnica de questionário.

Visando aumentar a amostra de avaliações do protótipo, o mesmo foi implementado no ambiente de teste do IEB-UFSC, sendo preservadas suas características de funcionalidades. Desta forma, participaram da avaliação do protótipo usuários definidos em dois grupos:

- Grupo dos usuários reais: composto pelo usuário que de fato utilizou o protótipo, engenheiro clínico do hospital;
- Grupo dos usuários representativos: composto por usuários que possuem características correlatas ao público alvo, mas que interagiram apenas com o protótipo implantado no IEB-UFSC por um tempo limitado, como é o caso dos demais especialistas da área.

O usuário real avaliou as funcionalidades do protótipo implantado no setor da UTI do hospital de Florianópolis, de acordo com sua interação com o mesmo durante, aproximadamente, 1 (um) mês.

Para a avaliação dos usuários representativos, antes da aplicação do questionário, os mesmos foram submetidos a uma lista de instruções que os orientou a realizar uma breve interação com o protótipo desenvolvido no IEB-UFSC, e simular suas funcionalidades. A lista de instruções que orientou os usuários representativos, e o questionário para avaliação do protótipo encontram-se no apêndice E.

O modelo da Figura 31 esboça todo o processo de avaliação do protótipo, onde são evidenciadas suas três etapas principais, sendo elas:

- Verificação dos requisitos: verificação dos requisitos funcionais pelo desenvolvedor do protótipo. Etapa que já foi realizada;
- Avaliação do usuário real: avaliação do engenheiro clínico do hospital de Florianópolis, a partir de suas interações com o protótipo ao longo de 1 (um) mês de testes;
- Avaliação dos usuários representativos: avaliação dos demais especialistas

da área, a partir de uma breve interação com o protótipo no ambiente de teste do IEB-UFSC, orientada por uma lista de instruções.

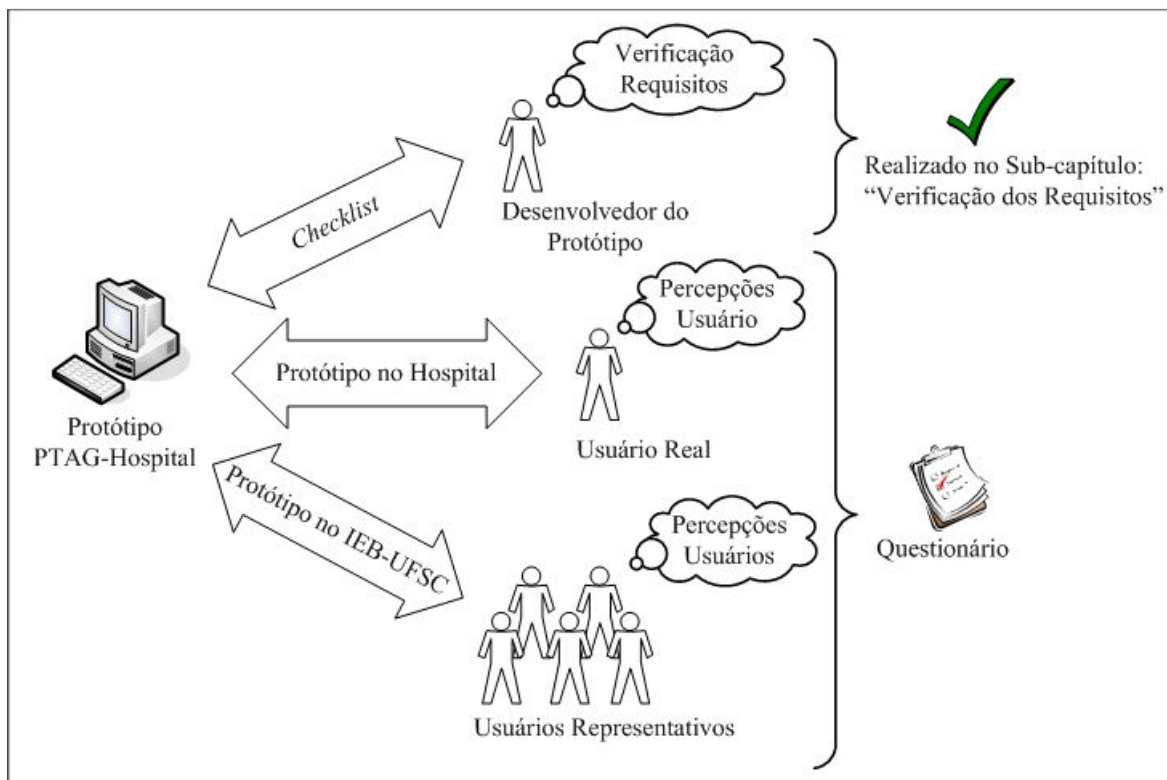


Figura 31 – Modelo Usado Para Avaliação do Protótipo.

Como o protótipo desenvolvido e implementado no IEB-UFSC foi constituído das mesmas funcionalidades do protótipo implementado no setor de UTI do hospital de Florianópolis, no tratamento dos resultados da avaliação do protótipo, os usuários reais e representativos foram reunidos em um mesmo grupo. Um dos motivos para esta escolha é que, por haver apenas 1 (um) usuário real, os resultados apresentados pelo usuário real poderiam não oferecer validade estatística significativa.

O universo do estudo abrangeu os engenheiros clínicos dos hospitais públicos da Grande Florianópolis e especialistas da área de engenharia biomédica vinculados ao IEB-UFSC, devido à facilidade de acesso para avaliação do protótipo, resultando, desta forma, em 21 (vinte e um) especialistas da área (engenheiros clínicos e especialistas em engenharia biomédica).

Dos 21 especialistas, foram realizadas 16 (dezesesseis) avaliações do protótipo, sendo 1 (um) usuário real e 15 (quinze) usuários representativos. Com isto, os resultados

processados apresentam um nível de confiança de 99%, com um intervalo de confiança de $\pm 3\%$.

O questionário foi constituído de sete quesitos, que abordam características do hardware, interface e funcionalidades, onde cada quesito foi avaliado pelo usuário de acordo com suas percepções após a interação com o protótipo. A cada quesito avaliado foram atribuídos valores que variaram entre 0 (zero) e 100 (cem), de acordo com as percepções dos usuários que interagiram com o protótipo.

Além destes sete quesitos avaliados pelos usuários que interagiram com o protótipo, no oitavo quesito, referente à CEM das tags RFID Wi-Fi, mesmo com a adequação das tags à norma IEC 60601-1-2, foram realizados ensaios com o objetivo de verificar os níveis máximos de campos eletromagnéticos irradiados pelas tags.

Com isto, os oito quesitos avaliados e seus resultados são apresentados a seguir:

5.5.1 Quesito 1: Avaliação das dimensões físicas e peso das tags.

Sabendo que as tags devem ser implantadas na superfície externa dos equipamentos eletromédicos, que variam desde pequeno porte, como esfigmomanômetros, até equipamentos de grande porte, as dimensões físicas e peso das tags devem ser considerados insignificantes, com o objetivo de não atrapalhar no manuseio do equipamento. Avaliando a significância das dimensões físicas e peso das tags, o resultado indicou que 7 especialistas da área consideraram as dimensões físicas e peso das tags *Significantes*, e 9 consideraram *Muito significantes* (Gráfico 6).

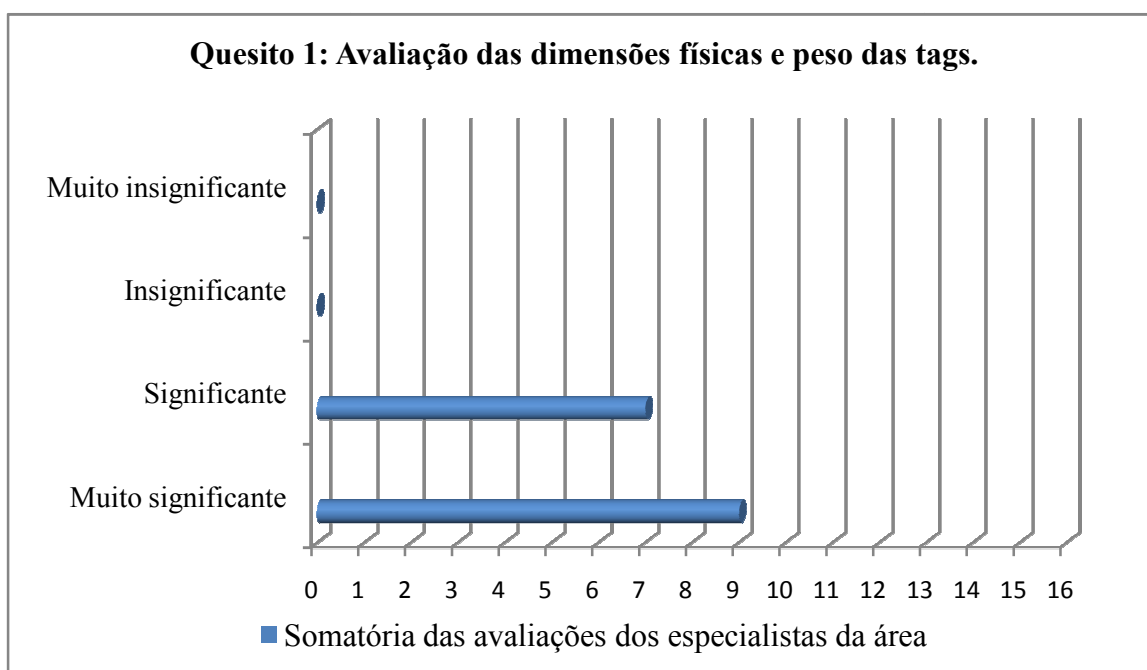


Gráfico 6 – Quesito 1: Avaliação das dimensões físicas e peso das tags.

5.5.2 Quesito 2: Avaliação da capacidade de identificação remota das TMH.

Em relação às funcionalidades, um dos requisitos do protótipo foi identificar a TMH de forma remota.

Avaliando a capacidade do protótipo em identificar as TMH de forma remota, o resultado indicou que 9 especialistas da área consideraram esta capacidade do protótipo como *Muito boa*, 6 consideraram *Boa* e 1 considerou *Ruim* (Gráfico 7).

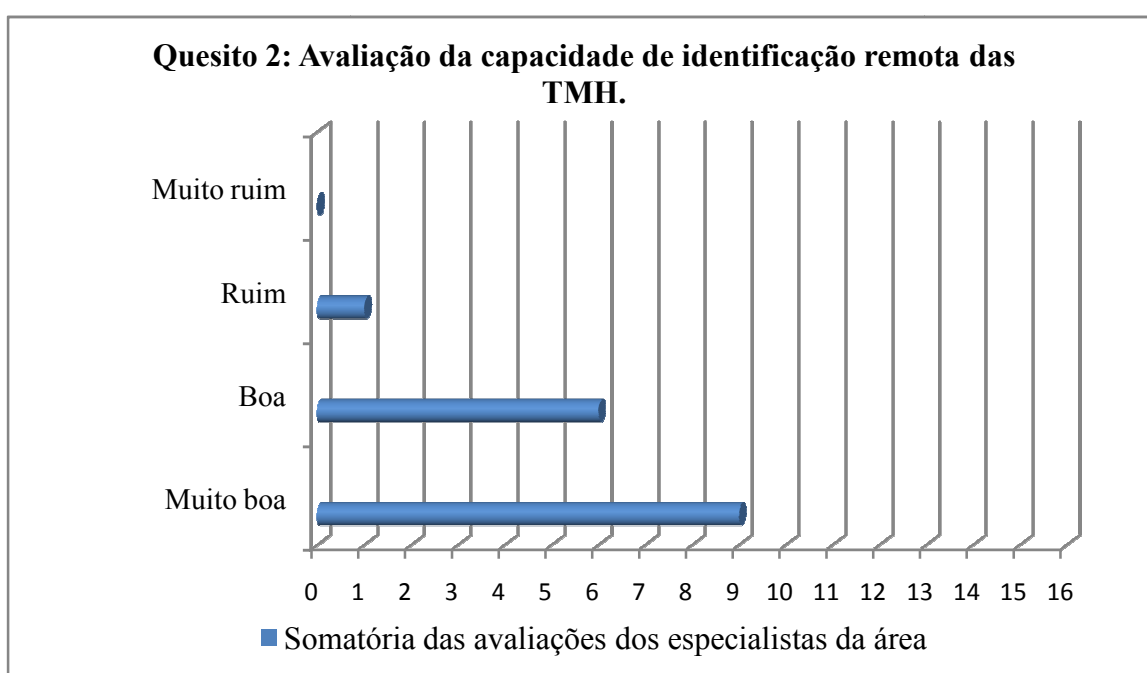


Gráfico 7 – Quesito 2: Avaliação da capacidade de identificação remota das TMH.

5.5.3 Quesito 3: Avaliação da capacidade de localização aproximada da TMH.

No terceiro quesito foi avaliada a capacidade do protótipo em realizar a localização aproximada da TMH, onde foi levada em consideração a significância da precisão do sistema RTLS para aportar as atividades de gTMH da EC. Cujo resultado indicou que 9 especialistas da área consideraram esta capacidade como *Muito boa*, e 7 consideraram como *Boa* (Gráfico 8).

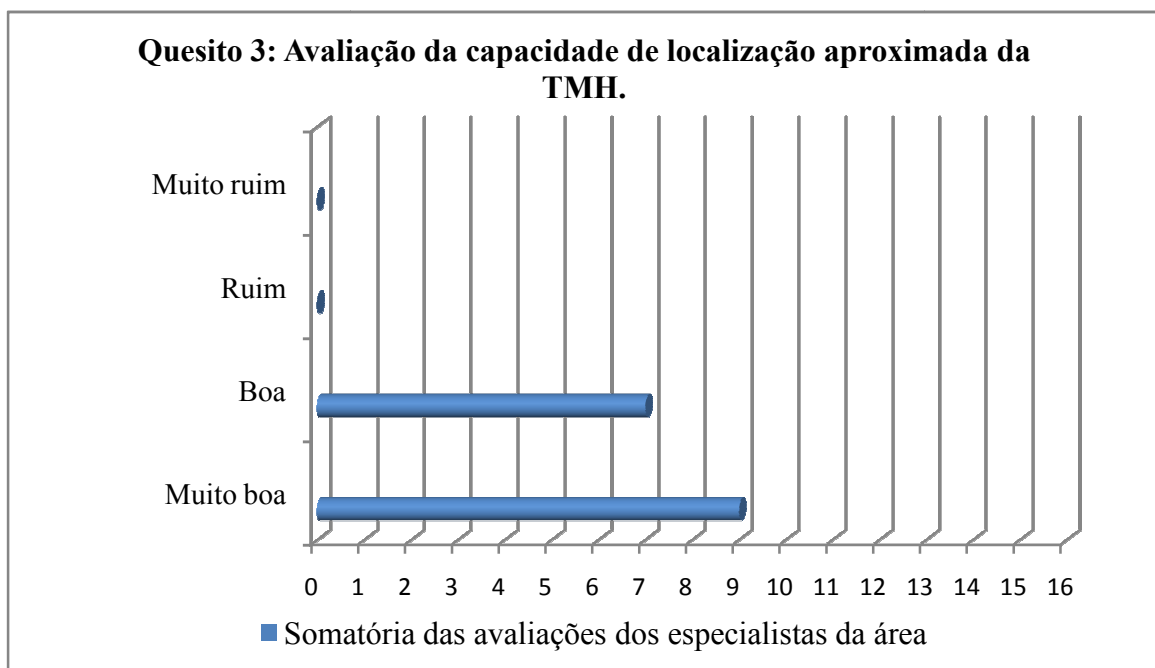


Gráfico 8 – Quesito 3: Avaliação da capacidade de localização aproximada da TMH.

5.5.4 Quesito 4: Avaliação da capacidade de identificar a saída da TMH de um determinado setor.

Durante a simulação realizada de transportar uma determinada TMH, identificada pela tag RFID, de um setor a outro, é requisito do protótipo identificar a saída da TMH deste setor e gerar alertas à EC em relação a este evento.

Avaliando a capacidade do protótipo em identificar a saída da TMH de um determinado setor e gerar alertas à EC, e o resultado indicou que 9 especialistas da área consideraram a capacidade *Muito boa*, e 7 a consideraram *Boa* (Gráfico 9).

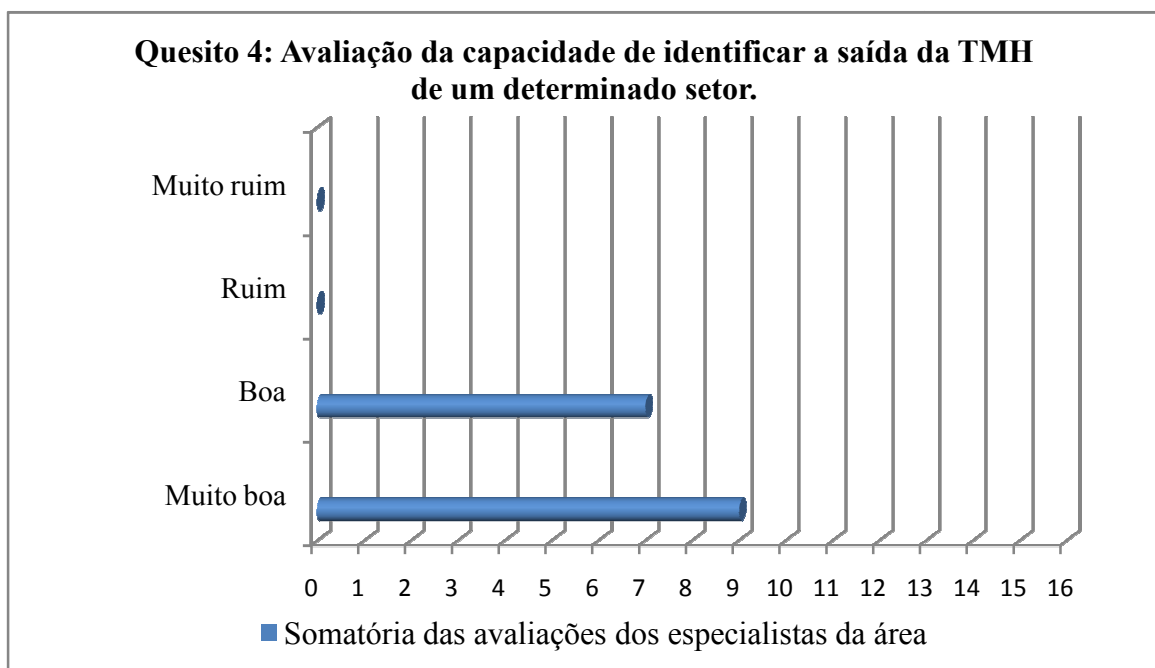


Gráfico 9 – Quesito 4: Avaliação da capacidade de identificar a saída da TMH de um determinado setor.

5.5.5 Quesito 5: Avaliação da capacidade de enviar uma solicitação de auxílio à EC.

Ao pressionar um dos botões da tag, a mesma foi configurada para enviar uma solicitação de auxílio à EC, caso os demais profissionais da saúde necessitem de suporte. Neste contexto, avaliando a efetividade da função (atraso entre o pressionar do botão até a chegada do alerta à EC, e as informações disponibilizadas no alerta, como o nome do equipamento e localização aproximada), o resultado indicou que 15 especialistas da área consideraram esta capacidade como *Muito boa*, e 1 considerou como *Boa* (Gráfico 10).

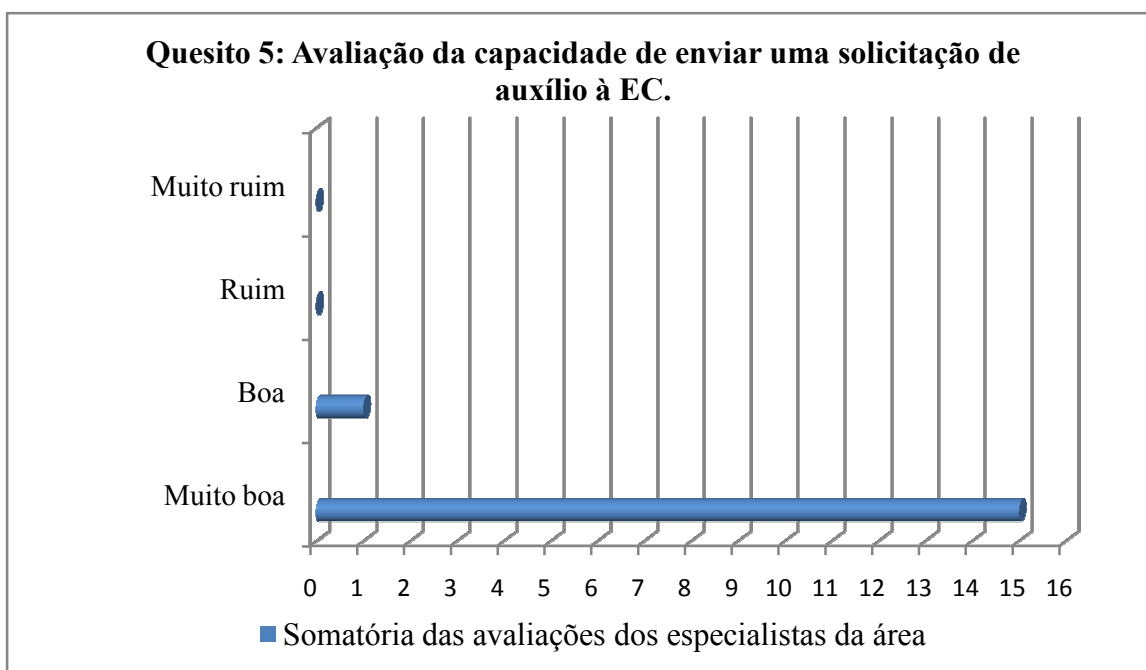


Gráfico 10 – Quesito 5: Avaliação da capacidade de enviar uma solicitação de auxílio à EC.

5.5.6 Quesito 6: Avaliação da capacidade de armazenamento dos eventos.

Além da identificação de eventos, como a saída da TMH de um determinado setor, ou solicitação de auxílio à EC, a capacidade de armazenar estes eventos é importante para posterior análise do histórico de eventos dos equipamentos.

Avaliando a capacidade do protótipo de armazenamento dos eventos envolvendo a TMH, o resultado indicou que 14 especialistas da área considerou esta capacidade como *Muito boa*, e 2 consideraram como *Boa* (Gráfico 11).

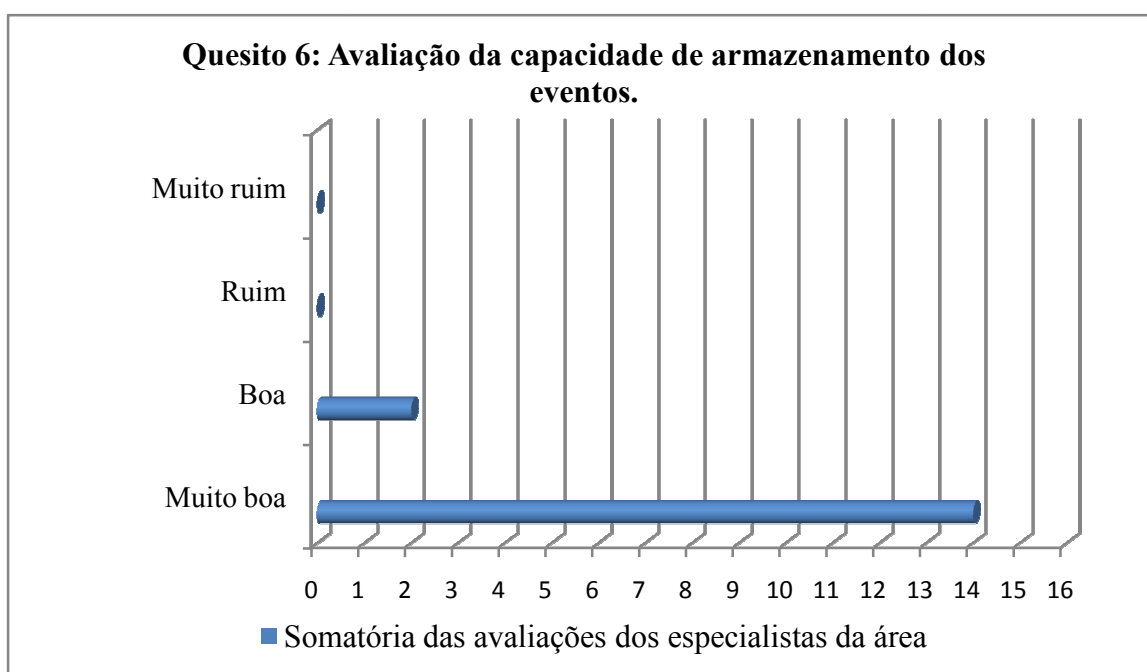


Gráfico 11 – Quesito 6: Avaliação da capacidade de armazenamento dos eventos.

5.5.7 Quesito 7: Avaliação da capacidade de auxiliar a EC na realização de algumas atividades relacionadas ao gTMH.

Um dos objetivos da proposta de mestrado é integrar soluções baseadas em TIC às necessidades da EC, visando aumentar sua visibilidade e atuação sobre a TMH.

Avaliando a capacidade da proposta em oferecer condições de auxiliar a EC na realização de algumas atividades relacionadas ao gTMH, o resultado indicou que 13 especialistas da área considerou a capacidade *Muito boa*, e 3 a considerou *Boa* (Gráfico 12).

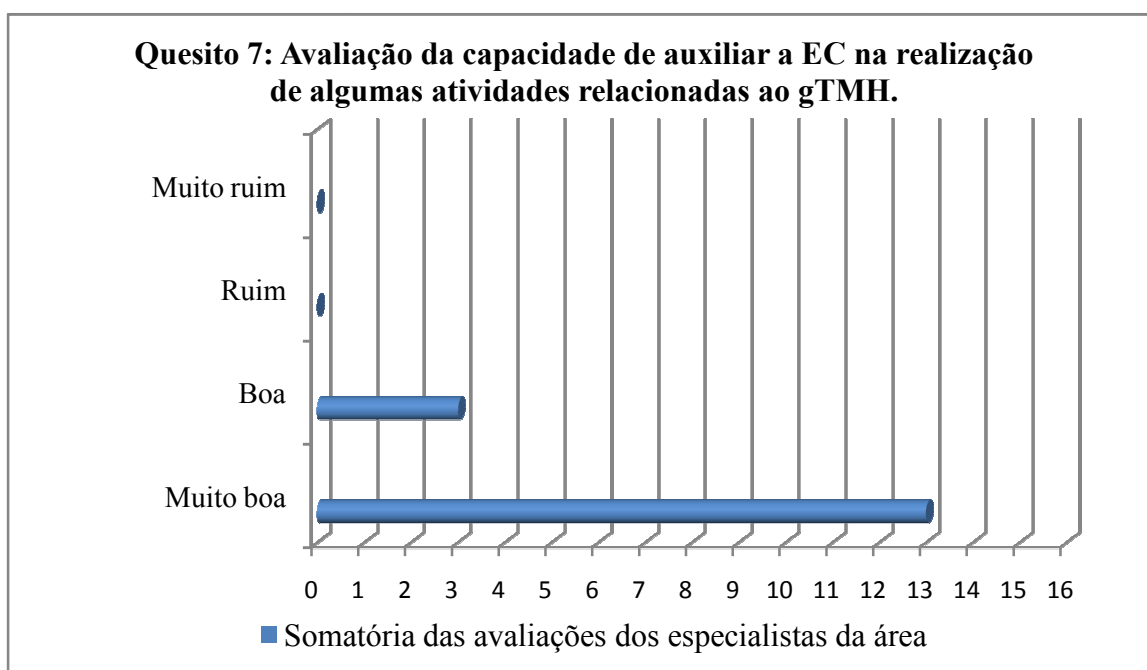


Gráfico 12 – Quesito 7: Avaliação da capacidade de auxiliar a EC na realização de algumas atividades relacionadas ao gTMH.

5.5.8 Quesito 8: Ensaio de campos eletromagnéticos irradiados pela tag RFID.

Com o objetivo de complementar a avaliação da proposta, com base nos conceitos teóricos trabalhados na avaliação de tecnologia em saúde aplicada à PTAG (apêndice B, capítulo 8.1.1), realizou-se, em conjunto com o Grupo de Pesquisa em Compatibilidade Eletromagnética (GEMCO-UFSC), ensaios de campo distante para verificar se, de fato, os níveis de campos eletromagnéticos irradiados pela tag RFID Wi-Fi encontram-se dentro da norma de CEM com EEM (NBR IEC 60601-1-2), e não ultrapassam os 3 V/m (129,54 dB μ V/m), que é o valor estabelecido para a imunidade dos equipamentos eletromédicos. Na Figura 32 encontra-se a câmara de ensaios para campo distante (10 metros), onde foram realizados os ensaios com a tag RFID Wi-Fi.

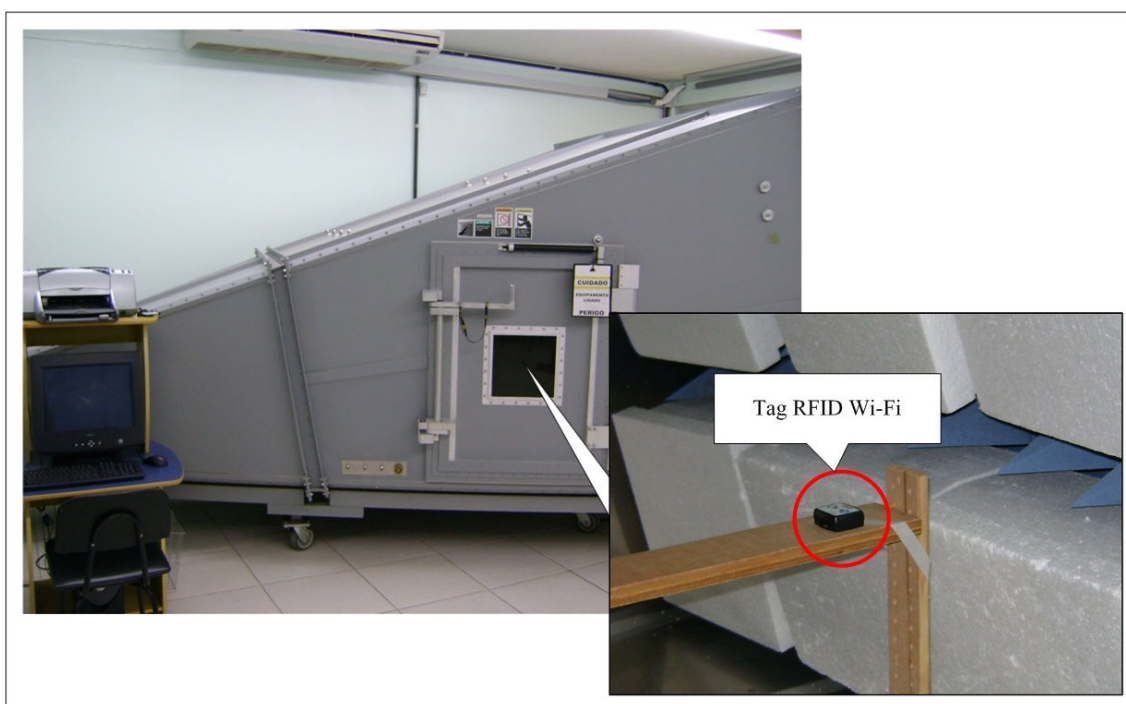


Figura 32 – Ensaio de Nível de Campos Eletromagnético Irradiado pela Tag RFID Wi-Fi em uma Câmara de Ensaio para Campo Distante.

Após uma varredura entre as faixas de frequência que vão desde 30 MHz até 2,5 GHz, cujos resultados são apresentados no Gráfico 13, o valor máximo aferido no ensaio encontra-se entre 115 e 120 dB μ V/m, ficando abaixo dos 129,54 dB μ V/m estabelecidos para imunidade dos equipamentos eletromagnéticos.

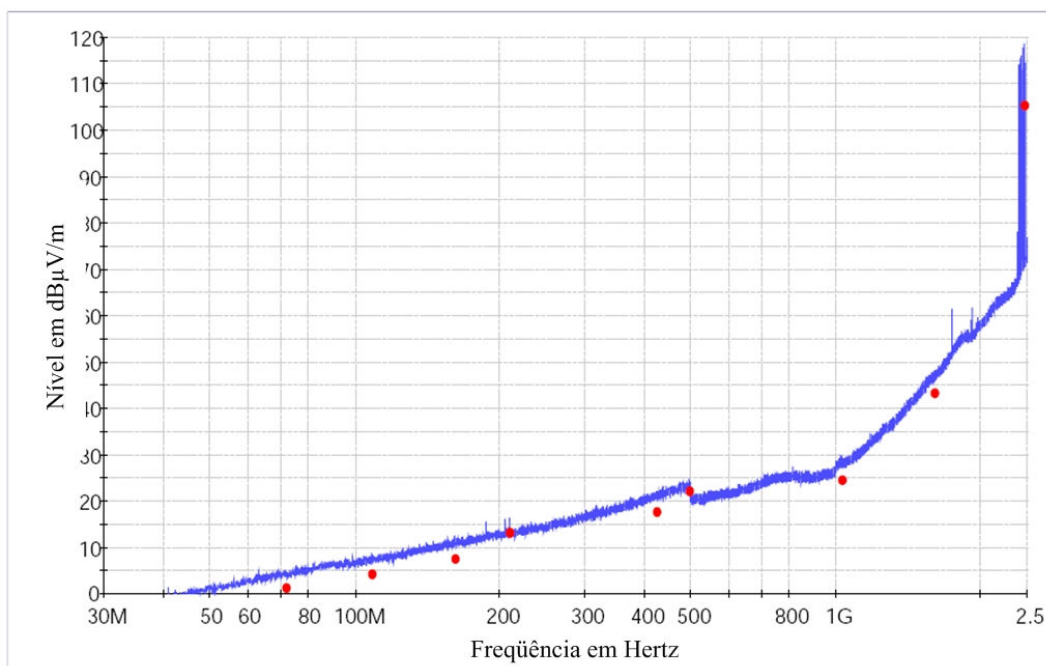


Gráfico 13 – Nível de Campo Eletromagnético Irrradiado pela Tag RFID Wi-Fi em Função da Frequência.

5.5.9 Discussão dos Resultados

No decorrer das avaliações do protótipo foram discutidos alguns quesitos importantes para a proposta:

Durante o desenvolvimento do protótipo, houve uma preocupação, por parte de alguns profissionais que compõem o corpo clínico, em relação à manutenção da assepsia das tags presentes na TMH. Por isto, as mesmas foram revestidas por um papel “*contact*”, para facilitar a limpeza das TMH sem danificar as tags. Diante desta situação, é interessante que sejam desenvolvidos diversos encapsulamentos de tags para aplicações variadas nos EAS, como um encapsulamento impermeável que permita sua limpeza com álcool ou outro produto químico.

Conforme havia sido previsto, a escolha das tags Wi-Fi para a consolidação da plataforma implicou também em algumas desvantagens. Uma das principais é referente à dificuldade de identificação das TMH de pequeno porte, devido a suas dimensões físicas serem relativamente grandes para estes tipos de equipamentos. Contudo, para as demais TMH, consideradas de médio e grande porte, as dimensões físicas das tags tornam-se pouco significantes, permitindo a identificação destas TMH sem atrapalhar no seu manuseio pelo corpo clínico.

Diante da eventual necessidade de identificação de algumas TMH de pequeno porte, pode ser estudado o uso das tags passivas, ou provavelmente a própria evolução tecnológica contribua para o desenvolvimento de tags menores, viabilizando a identificação deste tipo de equipamento.

Conforme definido como requisito da proposta, a capacidade da plataforma em localizar, mesmo de forma aproximada, a TMH em ambiente hospitalar é atributo suficiente para auxiliar a EC no gerenciamento do parque tecnológico. Por isto, nos protótipos implantados na UTI do hospital e no ambiente de teste do IEB-UFSC foram usados apenas dois pontos de acesso, mostrando-se suficientes para executar, de forma satisfatória, a identificação da entrada e saída das TMH nos ambientes que compuseram o protótipo. No entanto, caso o engenheiro clínico, ao implantar a plataforma no hospital, se depare com a necessidade de obter uma maior precisão na localização do parque tecnológico, devem ser implantados mais pontos de acesso nos ambientes desejados.

Ainda referente à funcionalidade de localização das TMH no hospital, verificou-se no decorrer das avaliações do protótipo, baseada apenas na percepção do desenvolvedor do mesmo, uma sensível variação na exatidão do sistema de localização da TMH ao longo dos dias. Diante deste fato, levantou-se a hipótese de que esta variação pode ser resultado da influência exercida pelas variações das condições climáticas, como a umidade relativa do ar, sobre a propagação dos campos eletromagnéticos dos pontos de acesso, que conseqüentemente alteram a densidade destes campos eletromagnéticos no ambiente. E, aparentemente, estas variações foram atenuadas quando, diante desta hipótese, foi realizada uma nova calibragem do sistema a partir de uma série de medições aferidas em dias com condições climáticas diversas. Fazendo com que, desta forma, o sistema de localização tivesse como referência uma média de medições aferidas em dias com condições climáticas variadas.

Contudo, esta sensível variação, que não interferiu na efetividade do requisito de localização, trata-se apenas de uma hipótese baseada na percepção do desenvolvedor, que precisa ser avaliada metodologicamente em projetos futuros.

Analisando outra funcionalidade do protótipo, verificou-se que a solicitação de auxílio à EC, através do pressionar de um botão da tag, é uma proposta interessante que visa oferecer um recurso a mais para o corpo clínico solicitar, de forma remota, o apoio da EC, ao identificar algum problema relacionado à TMH. Porém, esta funcionalidade não foi disponibilizada para o corpo clínico do hospital de Florianópolis, porque a realização desta funcionalidade requer o devido treinamento dos profissionais da saúde, atividade que foge dos objetivos deste trabalho. Portanto, esta funcionalidade foi apenas implementada e avaliada no protótipo desenvolvido no ambiente de teste do IEB-UFSC.

Em relação ao ensaio de campo eletromagnético irradiado pelas tags RFID Wi-Fi, deve-se ressaltar que, embora os ensaios possam indicar que os campos eletromagnéticos emitidos pela tag estejam dentro das normas de compatibilidade eletromagnética, este é apenas um estudo primário, que deve ser estudado de forma mais aprofundada em trabalhos futuros. Neste contexto, sugere-se a realização de ensaios em campo próximo e ensaios realizados nos ambientes assistenciais de saúde, com o objetivo de verificar os níveis de campos eletromagnéticos irradiados pela tag, somados aos ruídos presentes no ambiente.

6 CONCLUSÃO

O novo paradigma do sistema de saúde, e as mudanças no perfil epidemiológico da população têm contribuído para um significativo incremento e alteração no perfil de seu parque tecnológico. Estas alterações implicam em novos desafios à EC, relacionados às atividades de gerenciamento deste parque tecnológico de forma eficiente. Desafios que motivaram o desenvolvimento da presente proposta, a qual visa contribuir para a criação de um ambiente ubíquo, onde a distância não seja obstáculo à EC para a realização do gTMH eficiente.

Dentro desta proposta, a escolha da tecnologia adequada para dar suporte tecnológico à viabilização da plataforma é uma etapa fundamental no seu processo de desenvolvimento. Nesta etapa, a categoria de tags passivas chamou a atenção, a princípio, devido principalmente ao reduzido custo das tags, e seu conseqüente crescimento nos mais variados setores. Todavia, o uso de leitores relativamente caros e proprietários (elevado custo global), e a curta distância de leitura das tags foram fatores limitantes para o uso desta categoria na proposta.

Por outro lado, dentro da categoria de tags ativas, a tag Wi-Fi foi definida como a tecnologia que deu o suporte tecnológico ao desenvolvimento da proposta. Sua escolha pode ser justificada principalmente devido ao uso de um padrão de comunicação compatível com sistemas existentes, padrão Wi-Fi, permitindo, desta forma, o aproveitamento deste tipo de infra-estrutura, que já vem se tornando presente em alguns EAS, como hospitais, provendo a integração das TIC e favorecendo o desenvolvimento do ambiente ubíquo. Possibilitando, além disto, a execução de aplicações RTLS, que contribuem para o aumento da visibilidade da EC sobre a TMH.

Entretanto, é importante comentar que, na etapa de disponibilização dos recursos necessários para implementação do protótipo, por a tecnologia RFID ser relativamente recente, e a mesma se encontrar em fase inicial de expansão, foram encontradas algumas dificuldades para a aquisição do kit RFID Wi-Fi. Diante desta situação, espera-se que a difusão da tecnologia, e principalmente o desenvolvimento de soluções nacionais, como já vem acontecendo na categoria de tags passivas, proporcionem a redução no custo de aquisição da tecnologia, e facilitem o acesso à mesma.

Além da revisão de TIC focadas na área da saúde, com o objetivo de oferecer uma visão multifocal da proposta, foram abordados alguns tópicos correlatos à plataforma. Para tal, foi realizada a revisão sistemática baseada em evidências de projetos paralelos, a partir de alguns conceitos da avaliação de tecnologia em saúde, onde foram abordados os seguintes tópicos: estudo da compatibilidade eletromagnética da tecnologia RFID com os equipamentos eletromédicos, requisitos para a segurança da informação na saúde aplicados à proposta da PTAG, análise SWOT aplicada à proposta da PTAG, estudo da efetividade de aplicações baseadas na tecnologia RFID aplicado à proposta da PTAG, estudo de retorno em qualidade aplicado à proposta da PTAG, e privacidade e direitos pessoais envolvendo a tecnologia RFID.

Como etapa deste projeto, a realização do estudo de casos contribuiu para a definição da plataforma, evidenciando nos EAS alguns pontos passíveis de melhorias nas atividades relacionadas ao gTMH e EC. Nesta etapa, a amostra dos estudos consistiu na região da grande Florianópolis, por possuir características que representam o panorama do atual sistema nacional de saúde.

Conforme já mencionado, apenas o estudo de casos do SAD não usou a região da Grande Florianópolis como amostra, porque nesta região o SAD encontra-se ainda em estágio inicial de desenvolvimento, apresentando apenas algumas aplicações que consistem na visita do profissional da saúde no domicílio do paciente. Contudo, assim como em alguns países da Europa e América do Norte, o SAD é uma tendência que vem se difundindo também em alguns estados brasileiros, devido ao seu potencial em contribuir para a melhoria na qualidade de vida do paciente, reduzir os custos com internação, e aumentar a rotatividade e disponibilidade dos leitos nos hospitais. Diante deste contexto, a EC deve estar preparada não somente para suprir as necessidades decorrentes do desenvolvimento do SAD no Brasil, como também impulsionar, através de soluções tecnológicas como a PTAG-SAD, o desenvolvimento sustentável desta tendência.

A proposta da plataforma aplicada ao APH é interessante por este ser um cenário dinâmico e de alta mobilidade da TMH, que requer não apenas um sistema que auxilie a EC na realização das atividades relacionadas ao gTMH, mas uma plataforma que integre a EC aos demais setores do APH, como o radio operador e almoxarifado, trabalhando em conjunto para diminuir a perda das TMH, controlar a reposição dos equipamentos,

aumentar a disponibilidade das ambulâncias e, principalmente, contribuir para a melhoria da qualidade e eficiência deste tipo de atendimento.

Em uma análise abrangente da plataforma, a mesma deve integrar os diversos EAS em um único sistema, através de uma rede WAN. Para que isto ocorra é necessário realizar a abertura de uma das portas do servidor de cada ambiente, que, em contrapartida, pode tornar o SI da EC mais vulnerável às invasões na rede. Neste caso, vislumbra-se a devida gerência e proteção da rede como alternativa para a segurança da informação.

Além disto, a rede para implementação da plataforma, em especial no módulo de SAD, deve manter-se disponível em tempo integral, pois a indisponibilidade da rede pode comprometer a atuação da EC sobre a TMH. Por isto, é recomendado que os procedimentos relacionados ao gTMH, realizados pela EC antes da implementação da plataforma, mantenham-se disponíveis e operando em paralelo, ou até mesmo em conjunto com a plataforma, prevenindo problemas maiores caso haja algum tipo de falha na rede.

Nos três módulos que compuseram a plataforma, faz parte da proposta não somente a interação do engenheiro clínico com a plataforma, como também os demais provedores dos serviços de cuidados à saúde, que incluem: médicos, enfermeiros, e no caso do módulo de SAD, inclui os responsáveis pelo paciente. Por isto, além de atuar sobre a tecnologia e infra-estrutura, a EC deve atuar sobre os recursos humanos, através do seu treinamento, visando o uso adequado da plataforma.

Para finalizar, analisando a proposta sob uma óptica mais abrangente, verificou-se na PTAG um significativo potencial no auxílio à EC na busca pela realização do gTMH eficiente. Nesta proposta, o uso da tecnologia RFID e das tags Wi-Fi foram fundamentais para a viabilização da identificação e gerenciamento da TMH. Contudo, para que a presente proposta torne-se, de fato, uma plataforma que venha a contribuir para a melhoria nas condições do gTMH e, conseqüentemente, contribua para a melhoria na qualidade de vida, deve-se dar segmento a esta linha de pesquisa, evoluindo paralelamente com os anseios da EC neste novo paradigma do sistema de saúde, e o desenvolvimento das TIC, como o RFID.

6.1 Trabalhos Futuros

Como uma proposta inicial, o presente projeto limitou-se ao estudo e definição da plataforma. Em decorrência disto, verificaram-se estudos correlatos que são sugeridos como trabalhos futuros, visando prover a consolidação da proposta:

- Realização de ensaios de campo eletromagnético irradiado pelas tags RFID Wi-Fi realizados em uma câmara de campo próximo e em ambientes assistenciais de saúde, com o objetivo de aprofundar o estudo realizado de compatibilidade eletromagnética entre as tags e os equipamentos eletromédicos;
- Implementação da prototipação da PTAG no APH e SAD, verificando seus requisitos, avaliando seus resultados e aperfeiçoando a proposta;
- Abrangência da proposta aos demais EAS, como postos de saúde, realizando seu estudo de caso e customização da PTAG;
- Estudo da viabilidade econômica da proposta, focando na realidade dos hospitais públicos do Brasil, bem como, definir sistematicamente as TMH prioritárias para sua identificação, através das tags Wi-Fi nos hospitais;
- Estudo da influência das condições ambientais, como a umidade relativa do ar, sobre a exatidão do sistema RTLS;
- Fundamentando-se sobre outro pilar da EC, além da TMH e infra-estrutura, o desenvolvimento das tags para identificação do corpo clínico e pacientes pode aportar a proposta de uma plataforma para auxílio ao gerenciamento dos recursos humanos, respeitando as normas de segurança, ética e privacidade (apêndice B, capítulo 8.5), e contribuindo para a consolidação de um ambiente ubíquo.

É interessante ressaltar que, no decorrer do desenvolvimento da proposta, influenciados pelas mudanças do paradigma do sistema de saúde, alguns conceitos também foram se alterando. Entre eles, pode-se citar a mudança do foco do sistema de saúde, que tende a sobrepassar dos EAS para os “ambientes assistenciais de saúde”. Estes ambientes podem abranger não somente instituições criadas com o objetivo de prover os cuidados à

saúde, mas igualmente outros que podem oferecer os serviços de cuidados à saúde, como escolas, indústrias, domicílios, entre outros.

Contudo, como o projeto fundamentou-se sobre o conceito de EAS, este termo ainda se encontra na presente dissertação, deixando os novos conceitos, consequentes do novo paradigma do sistema de saúde, como novos estudos e definições para serem trabalhados na continuação desta linha de pesquisa.

7 APÊNDICE A: APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA RFID NA ÁREA DA SAÚDE

Acompanhando a tendência das grandes empresas em incorporar a tecnologia RFID como ferramenta estratégica na melhoria de seus processos, moldando-a em aplicações diversas a partir dos requisitos ou necessidades de cada ambiente, os EAS estão considerando o RFID como potencial fonte de melhorias no gerenciamento de informações e cuidados aos pacientes.

De fato, apesar de recente, o uso do RFID nos EAS tem apresentado um crescimento significativo, e segundo previsões (Gráfico 14), estima-se que tal crescimento deve continuar até 2016, atingindo dois milhões de investimentos em sistemas e tags RFID.

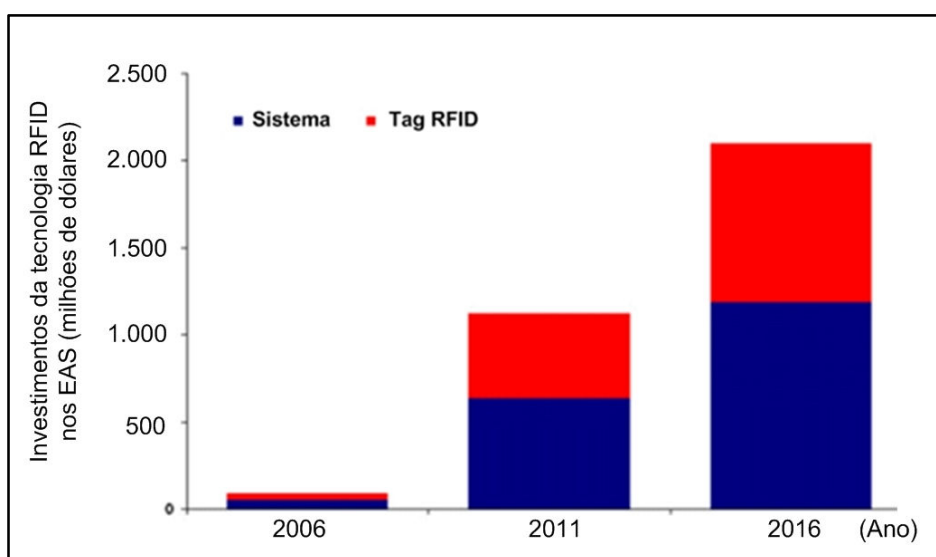


Gráfico 14 – Previsão de Investimentos da Tecnologia RFID nos EAS.

Fonte: IDTECHEX, 2006.

Dentre as diversas aplicações RFID nos EAS, as mais frequentes são: identificação de pessoas, gerenciamento de ativos, controle de medicamentos, gerenciamento do banco de sangue, entre outras; conforme apresentadas no Quadro 19.

Quadro 19 – Distribuição das Aplicações nos EAS.
Modificado de: IDTECHEX, 2006.

Aplicações	Distribuição das Aplicações nos EAS	Descrição
Identificação de pessoas	26%	Aplicação para identificação de pacientes e funcionários.
Rastreamento de ativos	16%	Aplicação para gerenciamento de ativos.
Controle de medicamentos	13%	Aplicação para controle de medicamentos.
Gerenciamento do Banco de Sangue	4%	Aplicação para gerenciamento do banco de sangue.
Demais aplicações	41%	Demais aplicações, como: segurança, ponto eletrônico, controle de veículos, etc.

A seguir, são apresentados alguns exemplos de aplicações da tecnologia RFID nos EAS.

7.1 Gerenciamento do Banco de Sangue

Na expectativa de diminuir os erros comuns no dia-a-dia, inclusive no gerenciamento do banco de sangue, um hospital em Saarbrücken, Alemanha, desenvolveu uma solução baseada na tecnologia RFID para identificação das bolsas de sangue, controle do estoque, e diminuição da incidência de erros nas transfusões sanguíneas (EHEALTH INSIDER, 2005).

A solução desenvolvida consiste em um procedimento realizado no momento da transfusão sanguínea. Neste momento, o enfermeiro ou a enfermeira, portando um leitor RFID portátil, realiza uma última verificação entre o tipo sanguíneo do paciente (digitalmente armazenado em uma tag RFID em formato de bracelete e colocado no pulso do paciente), e o tipo sanguíneo armazenado em uma tag RFID (em formato de etiqueta e fixada na bolsa de sangue) (EHEALTH INSIDER, 2005).

A Figura 33 ilustra a verificação da compatibilidade entre o tipo sanguíneo do paciente e da bolsa de sangue antes da transfusão.



Figura 33 – Ilustração do Sistema para Verificação de Compatibilidade Sanguínea Entre o Paciente e a Bolsa de Sangue Antes da Transfusão.

Fonte: EHEALTH INSEDER, 2005.

Desta forma, o sistema pode contribuir para a diminuição no número de erros envolvendo atividades de transfusão sanguínea, e realizar o controle automático do estoque de bolsas de sangue.

7.2 Controle Neonatal

No hospital de WonJu, cidade da Coréia do Sul, foi desenvolvida uma aplicação para o controle neonatal baseada na tecnologia RFID. Dois motivos principais motivaram o desenvolvimento desta aplicação (DALTON, 2005):

- Dentre as diversas áreas do hospital, a seção neonatal é uma das que mais geram informações a serem armazenadas em papéis;
- Existe uma preocupação do hospital em reduzir a possibilidade da ocorrência de “troca de bebês”, conseqüente

Os eventos de “troca de bebês” são conseqüentes de uma série de fatores, como (DALTON, 2005):

- Significante deslocamento dos recém nascidos pelos setores do hospital: os recém-nascidos são “transferidos” do berçário à sua mãe várias vezes nos primeiros dias de vida, aumentando a chance de ocorrer equívocos;
- Tempo em que o recém-nascido fica separado da mãe: o tempo médio de separação entre o recém-nascido e a mãe é, em média, 24 horas para partos sem complicação e 72 para partos com complicação;
- Identificação inadequada: perda ou ilegibilidade das informações contidas nos braceletes convencionais, devido ao uso de produtos que podem apagar

as informações dos recém-nascidos, e a perda do bracelete ocasionada pela movimentação dos braços e pernas;

- Equívocos: confusão entre recém-nascidos com nomes iguais ou semelhantes.

A aplicação consiste na identificação dos recém-nascidos através de uma tag RFID em formato de tornozeleira, onde é realizada uma referência cruzada do número de identificação da tag com as informações do recém-nascido (fotos, peso, exames vitais, entre outras), que são armazenadas no SI do hospital. Tais informações podem ser acessadas pelos familiares do recém-nascido através de um terminal conectado à rede e uma senha de acesso (DALTON, 2005).

A Figura 34 ilustra o sistema aplicado para o controle neonatal.

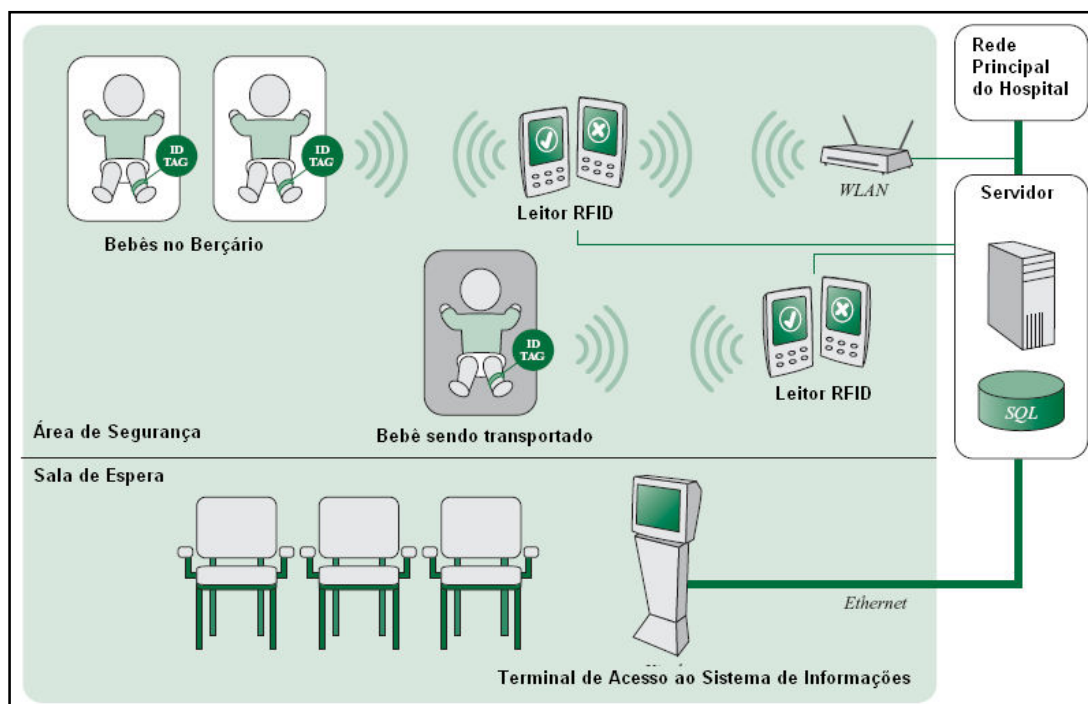


Figura 34 – Modelo da Aplicação da Tecnologia RFID no Setor Neonatal.
Fonte: DALTON, 2005.

7.3 Controle de Medicamentos

O FDA, órgão responsável pela administração de alimentos e medicamentos nos Estados Unidos da América, aprovou a implantação do sistema “Pedigree Provisions”, que

é um sistema que visa solucionar três principais problemas da indústria farmacêutica atualmente (PHARMA INDUSTRY REPORT, 2006):

- Desvio de medicamentos, ou seja, medicamentos dedicados a programas de saúde, hospitais públicos ou instituições de caridade são desviados, aproveitando-se dos custos mais baixos ou nulos dos medicamentos;
- Venda de medicamentos controlados que necessitam de prescrição médica, sem a apresentação da mesma;
- Venda de medicamentos falsificados.

A Figura 35 ilustra a malha percorrida pelos medicamentos partindo das indústrias de medicamentos até os hospitais e farmácias. Neste caminho é que os medicamentos estão susceptíveis aos desvios ou falsificações; onde é proposto o sistema de rastreamento dos medicamentos.

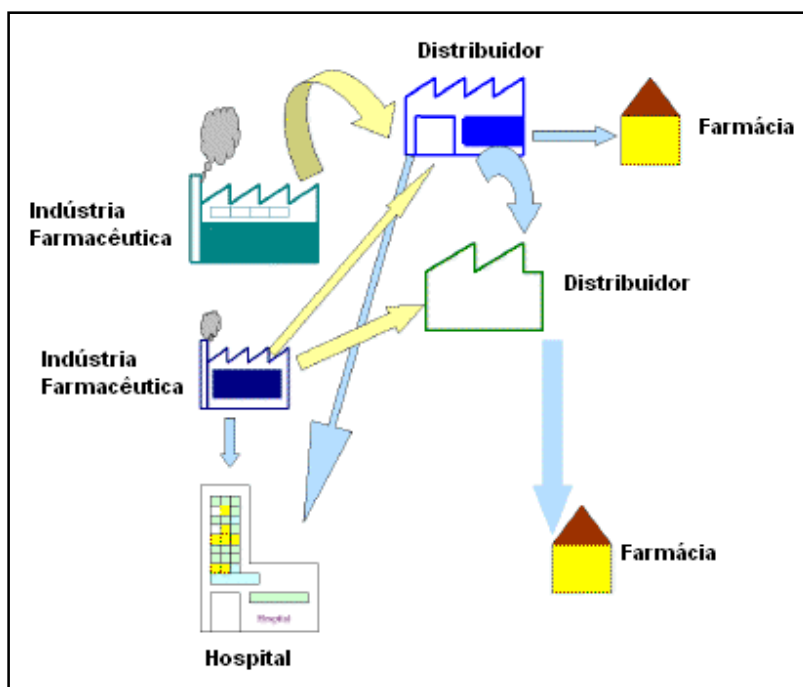


Figura 35 – Malha Percorrida pelos Medicamentos: Partindo das Indústrias de Medicamentos Até os Hospitais e Farmácias.

Fonte: PHARMA INDUSTRY REPORT, 2006.

O sistema consiste na identificação e rastreamento dos medicamentos, desde sua fabricação até a chegada ao consumidor, usando tags RFID. Com isto, o sistema poderá contribuir para a diminuição dos eventos relacionados ao desvio de medicamentos, falsificações, oferecer aos farmacêuticos uma maior transparência em relação à origem e informações dos medicamentos, e facilitar a automatização do controle de estoque

(previsão de demanda, incremento do conhecimento sobre o que está sendo vendido e em que velocidade) (PHARMA INDUSTRY REPORT, 2006).

A implementação do sistema, por parte dos farmacêuticos, consiste na compra do leitor RFID e realização de um treinamento elaborado pelo FDA através da internet (PHARMA INDUSTRY REPORT, 2006).

8 APÊNDICE B: AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS EM SAÚDE APLICADA À PTAG

“A ATS pode ser conceituada como um processo contínuo de avaliação, que visa o estudo e sistematização das conseqüências a curto e longo prazo da utilização de uma determinada tecnologia, ou grupo de tecnologia ou um tema relacionado à tecnologia” (ALMEIDA, 2008).

O desenvolvimento da ATS como atividade institucionalizada ocorreu na década de 1960, com o propósito de oferecer aos EAS aporte no processo de incorporação e uso racional da TMH. Tal desenvolvimento foi motivado pelo significativo crescimento na quantidade de inovações tecnológicas, e sua conseqüente incorporação pelos EAS sem uma avaliação metodológica de sua eficiência, efeitos colaterais e custos; incorporação sustentada pelo paradigma de que inovações tecnológicas sempre implicam em melhorias na qualidade dos serviços de cuidados à saúde (DECIT, 2006), (SONEGO, 2007).

No Brasil, as atividades nesse campo foram iniciadas na década de 1980, assumindo papel crescente tanto no meio acadêmico quanto nas políticas públicas. Em âmbito governamental, o marco oficial se deu com o projeto Reforsus. E, atualmente, a ATS é incorporada pela Agência Nacional de Saúde Suplementar, criando a Agência de Avaliação de Tecnologia em Saúde, onde são almejados os seguintes objetivos (DECIT, 2006):

- Melhorar a qualidade dos serviços de cuidados à saúde;
- Evitar o uso de tecnologias inefetivas;
- Evitar o uso de tecnologias com potencial de gerar riscos;
- Evitar gastos desnecessários;
- Identificar as tecnologias prioritárias para o sistema de saúde.

A ferramenta de ATS pode ser aplicada não somente na incorporação da TMH, mas em todo seu ciclo de vida⁹. Entretanto, na fase de inovação, como é o caso da presente proposta, a falta de dados concretos da mesma exige a adoção de metodologias específicas para a aplicação da ferramenta de ATS (SONEGO, 2007), (ALBORNOZ, 2000).

⁹ ciclo de vida de uma TMH representa a trajetória de uma tecnologia responsável direta ou indiretamente pela vida do paciente, desde sua inovação até a obsolescência.

A escolha da metodologia a ser aplicada na ATS depende de fatores como: o tipo de tecnologia a ser aplicada, o fator em estudo, disponibilidade de tempo e recursos, e a quantidade de estudos disponíveis sobre a tecnologia; sendo que as metodologias mais utilizadas são: ensaio clínico randomizado, estudo de coorte e revisão sistemática (SONEGO, 2007).

No presente projeto, a metodologia adotada para a realização da ATS é a revisão sistemática, que consiste em realizar a investigação visando reunir, avaliar e conduzir uma síntese de resultados de múltiplos estudos primários, nas quais as informações apresentem relevância aos tópicos definidos como significantes para a avaliação da proposta. Ou seja, esta metodologia separa os dados insignificantes, inconsistentes ou redundantes, dos dados relevantes e fundamentais para uma seguinte exploração crítica, avaliação e síntese das informações (SONEGO, 2007).

Na Figura 36 é apresentado o modelo de revisão sistemática aplicado a esta avaliação da proposta, que consiste na coleta de dados, sintetização de informações e apresentação de evidências.

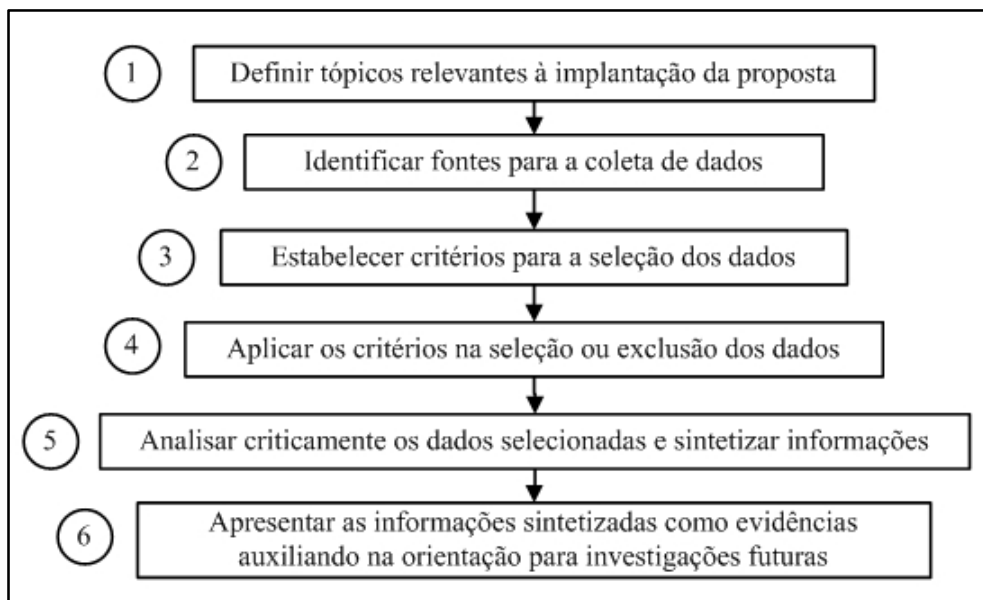


Figura 36 – Modelo da Revisão Sistemática Aplicado à Proposta da PTAG.
Modificado de: SAMPAIO & MANCINI (2007).

De acordo com a Figura 36 apresentada, o modelo de revisão sistemática aplicado à avaliação da proposta da PTAG usando RFID é simplificado em seis etapas.

Na primeira etapa da revisão sistemática foram definidos tópicos considerados significantes para a avaliação. Os tópicos definidos são:

- Segurança: compatibilidade eletromagnética da tecnologia RFID com os equipamentos eletromédicos, e requisitos para a segurança da informação na saúde aplicados à proposta da PTAG;
- Eficácia: análise SWOT aplicada à proposta da PTAG;
- Efetividade: estudo da efetividade de aplicações baseadas na tecnologia RFID aplicado à proposta da PTAG;
- Impacto econômico: estudo de retorno em qualidade aplicado à proposta da PTAG;
- Impacto ético: privacidade e direitos pessoais envolvendo a tecnologia RFID.

Em seguida, foram identificados estudos ou projetos que apresentassem dados relevantes a estes tópicos definidos na primeira etapa.

Na terceira e quarta etapa foram estabelecidos e aplicados critérios para filtragem dos dados, onde, conforme apresentado na Figura 37, foi definido que somente seriam incluídos na sintetização das informações os dados classificados como “qualidade boa” e “poder estatístico bom”. Ou seja, são dados cujas fontes são de credibilidade no assunto, e os resultados estatísticos são obtidos através de um número de amostras considerado adequado.

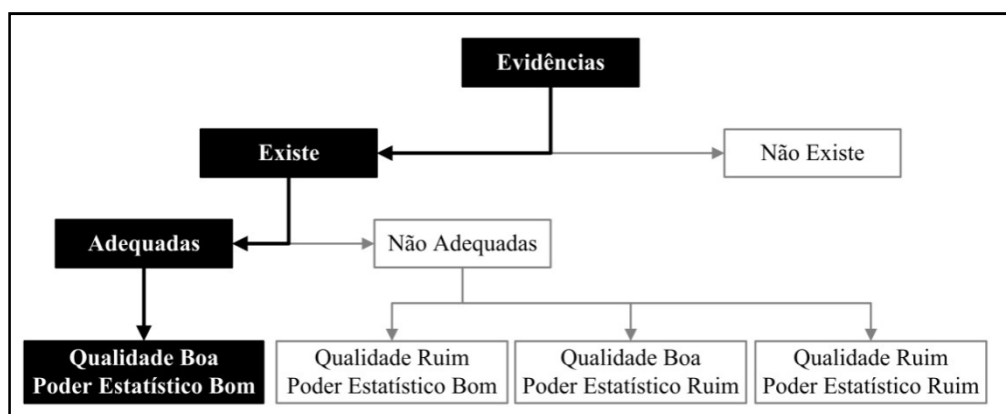


Figura 37 – Modelo de Filtragem dos Dados Utilizados na Avaliação da Tecnologia em Saúde. Modificado de: SONEGO (2007).

Após a filtragem, os dados selecionados foram comparados entre si, analisados criticamente e, a partir disto, as informações foram sintetizadas e apresentadas como evidências para uma superficial avaliação da proposta diante dos diferentes tópicos

definidos. Além disto, as evidências apresentadas podem ser utilizadas como orientação para investigações futuras mais aprofundadas.

8.1 Segurança

A partir do estudo bibliográfico realizado no desenvolvimento da plataforma, foram identificados dois tópicos significativos relacionados à proposta sob foco da segurança nos EAS. Sendo eles: compatibilidade eletromagnética da tecnologia RFID com os equipamentos eletromédicos, requisitos para a segurança da informação na saúde aplicados à proposta da PTAG.

8.1.1 Compatibilidade Eletromagnética da Tecnologia RFID com os Equipamentos Eletromédicos

Em Junho de 2008, um artigo publicado no Jornal da Associação Americana de Medicina, intitulado: “*RFID in Healthcare: Risk or Benefit*”, alertou sobre a possibilidade de haver interferência eletromagnética (IEM) entre tags RFID e equipamentos eletromédicos (EEM), como: marca-passos, ventiladores pulmonares e equipamentos de diálise (MOORE, 2008), (TANNER, 2008).

De fato, assim como em diversos outros estabelecimentos, nos EAS a presença de TIC baseada em comunicação sem fio cresce a cada dia. Com isto, a preocupação com a compatibilidade eletromagnética (CEM) entre estes dispositivos e os EEM é um emergente quesito, que tem preocupado a indústria de equipamentos médicos, corpo clínico e engenheiros clínicos (BRUNS & DIMANTHA, 2008).

Para o entendimento deste quesito é necessário revisar o início da incorporação dos sistemas RFID nos EAS.

As primeiras aplicações envolvendo o RFID nos EAS foram marcadas pelo uso das tags passivas, impulsionadas pela significativa diminuição no custo das tags, viabilizando financeiramente sua aplicação em diversos setores. Contudo, o uso das tags passivas implicam em algumas desvantagens para ambientes hospitalares, como a necessidade da emissão de níveis de energia eletromagnética relativamente altos, através do leitor RFID. Característica que pode causar eventos de IEM nos EEM.

Esta mesma categoria de tags, tags RFID passivas, foram utilizadas no estudo publicado no Jornal da Associação Americana de Medicina, onde a potência emitida pelo leitor RFID durante os testes de CEM foi de aproximadamente 2 (dois) watts, potência três vezes maior do que a potência irradiada por um aparelho celular, o que contribuiu significativamente para a ocorrência dos eventos de IEM (BERWICK, 2008).

A partir disto, e da crescente presença de TIC nos EAS, estudos focados no assunto chegaram à conclusão de que a indústria de cuidados à saúde precisa adequar a utilização de TIC, como a tecnologia RFID, às normas de CEM nos EAS, para que, desta forma, não sejam comprometidas as funcionalidades dos EEM.

Segundo BERWICK (2008), do Instituto de Pesquisas para Melhorias nos EAS, toda tecnologia que se destinar a aplicações nos EAS, tal como a tecnologia RFID, deve ser submetida a uma norma de adequação ou regulação dos parâmetros de CEM.

No Brasil, as normas de CEM foram definidas pela ANVISA, através da resolução RDC nº. 32, na qual tornou-se compulsória a adequação de todos EEM à família da norma NBR IEC 60601 (tradução da norma internacional IEC 60601) (ANVISA, 2006a).

NBR IEC 60601-1-2 e RFID Wi-Fi

Conforme é demonstrado na Figura 38, a norma NBR IEC 60601-1 é chamada de norma geral, e apresenta os requisitos básicos para qualquer tipo de EEM. As normas NBR IEC 60601-1-XX são chamadas de normas colaterais, e devem ser aplicadas de forma complementar a norma geral. Da mesma forma, as normas NBR IEC 60601-2-XX são chamadas de "normas particulares", e possuem requisitos específicos para cada tipo de equipamento eletromédico, sendo que as prescrições dessas normas se sobrepõem aos da norma geral e colaterais. Por fim, as normas NBR IEC 60601-3-XX são normas que definem os requisitos de desempenho para cada tipo de EEM (MARRONI, 2006).

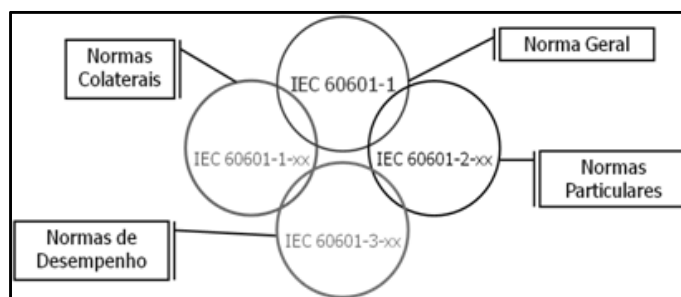


Figura 38 – Norma IEC 60601-1-1 e as Normas Particulares e Colaterais.
Fonte: MARRONI, 2006.

No grupo das normas colaterais, NBR IEC 60601-1, está a NBR IEC 60601-1-2, que trata de prescrições relativas à CEM para qualquer tipo de EEM, sendo este o foco da presente análise.

Encontra-se na norma 60601-1-2, dentre outras especificações, os limites para irradiação e imunidade eletromagnética dos equipamentos destinados ao uso em EAS. Portanto, a tecnologia RFID, quando destinada a aplicações nos EAS, deve se submeter aos padrões estabelecidos pela norma NBR IEC 60601-1 e suas normas colaterais, como a NBR IEC 60601-1-2.

Neste contexto, visando oferecer soluções seguras baseadas em TIC a este novo nicho, que é o sistema de saúde, a indústria RFID buscou novas soluções tecnológicas para os ambientes provedores dos serviços de saúde. Uma das soluções é o uso de tags RFID Wi-Fi, que usam uma faixa de frequência já consolidada em alguns hospitais, e menores níveis de irradiação de energia eletromagnética. Algumas empresas especializadas na tecnologia RFID Wi-Fi já se encontram adequadas às normas de segurança IEC 60601-1 e IEC 60601-1-2 (AEROSCOOUT, 2006).

No Quadro 20 pode ser realizada uma análise comparativa entre a tecnologia RFID Wi-Fi e demais fontes de radiação eletromagnéticas utilizadas para comunicação de dados e voz nos EAS.

Quadro 20 – Comparativo Entre as Potências Eletromagnéticas Irradiadas por Diferentes TIC Presentes nos EAS.

Modificado de: MUHLEN, 2008.

TIC	Frequência	Potência de Saída
<i>Walkie-Talkies</i>	150-500 MHz	~5 W
Telefone celular GSM/GPRS	~900 MHz	250 mW
Telefone celular GSM/GPRS	~1,8 GHz	125 mW
Telefone sem fio	~0,9-2,4 GHz	<100 mW
Leitor RFID passivo	125 kHz	2 W
Tag RFID Wi-Fi	2,450 GHz	~80 mW
Ponto de Acesso Wi-Fi	2,450 GHz	~100 mW

Contudo, faz-se necessário acrescentar que, apesar da aparente adequação da tecnologia RFID às normas de segurança para sua utilização das tags em EAS, isto não

garante a compatibilidade eletromagnética das mesmas com todos os EEM presentes nos EAS.

Tal fato ocorre porque, apesar da norma IEC 60601 se tornar compulsória no Brasil a partir de 1999, a norma particular IEC 60601-1-2, que estabelece requisitos para a CEM, se tornou obrigatória somente a partir de 2002, devido à falta de laboratórios capacitados e credenciados, na época, para a realização dos ensaios necessários (CABRAL & MÜHLEN, 2002); (CABRAL & MÜHLEN, 2004).

Com isto, muitos equipamentos presentes nos EAS, que foram incorporados em datas anteriores ao ano de 2002, seguem isentos de certificação, uma vez que o controle das IEM voluntário e de responsabilidade exclusiva do próprio hospital. Tais afirmações podem ser visualizadas no Gráfico 15, gerado a partir dos dados extraídos de um estudo realizado na UTI pediátria do Hospital de Clínicas da Unicamp, no qual indica que 59% dos equipamentos seguem presentes na UTI pediátrica sem certificação quanto às normas de segurança dos EEM (CABRAL & MÜHLEN, 2002); (CABRAL & MÜHLEN, 2004).

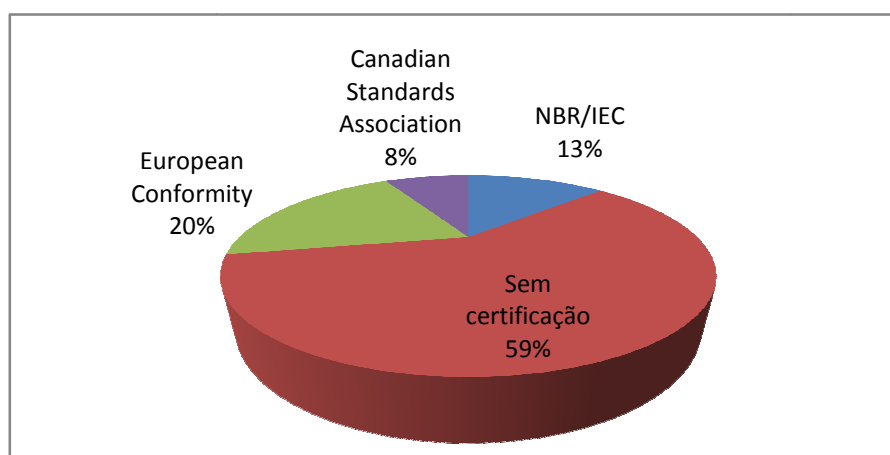


Gráfico 15 – Distribuição Estatística dos EEM Quanto ao Tipo de Adequação às Normas de Qualidade e Segurança na UTI Pediátrica do Hospital de Clínicas da Unicamp, Realizado em 2005.

Fonte: CABRAL & MÜHLEN (2004).

Diante deste cenário, é importante que antes da incorporação da tecnologia RFID nos EAS, mesmo que a mesma esteja regulamentada de acordo com as normas NBR IEC 60601-1-2, seus efeitos sob diversos outros EEM sejam avaliados de modo a compatibilizar as vantagens oferecidas pelo uso de TIC nos EAS com os riscos que este tipo de tecnologia representam (MÜHLEN, 2008).

Lembrando que tal medida deve ser levada em consideração não somente à tecnologia RFID Wi-Fi, bem como às diversas outras TIC, como telefones celulares,

walkie-talkies, televisão digital, antenas emissoras de rádio próximas ao local, entre outras (JUNIOR, 2008); (MÜHLEN, 2006).

8.1.2 Requisitos para a Segurança da Informação na Saúde Aplicados à Proposta da PTAG

Além da CEM com os EEM, a segurança da informação na saúde é outro requisito fundamental para a implantação da plataforma, por ser responsável pelo armazenamento e disponibilização segura das informações das TMH.

A informação pode existir de muitas formas. Ela pode ser impressa ou escrita em papel, armazenada eletronicamente, transmitida pelo correio ou através de meios eletrônicos. Seja qual for a forma apresentada ou o meio através do qual a informação é compartilhada ou armazenada, é recomendado que ela seja sempre protegida adequadamente (ABRAHÃO, 2003).

A segurança da informação pode ser caracterizada pela sua capacidade em oferecer (ABRAHÃO, 2003):

- Confidencialidade: garantia do acesso à informação por pessoas autorizadas;
- Integridade: preservação da exatidão e integridade da informação;
- Disponibilidade: garantia do acesso à informação por pessoas autorizadas, sempre que necessário.

A segurança da informação pode ser obtida através de várias medidas, como: medidas práticas, procedimentos, estruturas organizacionais e funções de *software*. Porém, as medidas de segurança da informação precisam ser definidas antes da implantação de um SI, para garantir que os objetivos de segurança específicos da organização sejam atendidos (SBIM, 2003).

No caso da proposta da PTAG, devem ser observados os seguintes requisitos (SBIM, 2003):

- Alcance do sinal por pessoas não autorizadas: a PTAG deve ser dimensionada de tal forma a abranger somente os setores dentro dos EAS que são de interesse da EC em realizar o gTMH. Porém, por utilizar uma comunicação sem-fio, o sinal estará ao alcance das demais pessoas dentro dos EAS, como os membros do corpo clínico que desejam utilizar a rede

sem fio para o acesso à internet. Por isso, na proposta da plataforma, o registro e classificação dos usuários quanto ao nível de acesso às informações são requisitos fundamentais de segurança;

- Local de armazenamento da informação: mesmo com a implantação da plataforma, a informação continuará sendo armazenada no SI da EC. Portanto, no estabelecimento que já dispõe de um SI da TMH, a plataforma deve ser integrada a este SI, sem a necessidade de alterar o local de armazenamento das informações;
- Segurança na armazenagem e coleta da informação do SI: a troca de informações no SI da EC poderá ser realizada através de um computador conectado ao SI, como já ocorre nos setores de EC, ou poderá ser realizada através de dispositivos móveis, como PDA ou *notebook*. Para tal, o procedimento de acesso ao SI e troca de informações continuará utilizando um nome de usuário cadastrado no sistema, e uma senha para efetuação do *login*;
- Criptografia da informação: a comunicação entre a tag e o ponto de acesso utiliza o protocolo Wi-Fi (IEEE 802.11b/g), que oferece um sistema de criptografia dos dados semelhante aos sistemas presentes nas redes de computadores Wi-Fi;
- Segurança do sistema RFID: visando aumentar a segurança das informações da plataforma, as informações referentes às TMH serão armazenadas somente no SI. Deste modo, a tag portará apenas seu número de identificação, para a posterior referência cruzada com as informações da TMH armazenadas no banco de dados da EC, que possui a devida permissão para o acesso;
- Autenticação dos usuários: a autenticação dos usuários no SI da EC deverá seguir o atual sistema utilizado pelos mesmos. Em relação aos usuários (corpo clínico) que desejarem o acesso à rede Wi-Fi para a utilização dos recursos oferecidos pela internet, a autenticação é realizada através do cadastro dos usuários e dos computadores (MAC - *Media Access Control*) no SI do EAS, e a utilização de uma chave compartilhada (PSK – *Pre-*

Shared Key);

- Distribuição do código de acesso: o código para o acesso à rede Wi-Fi será oferecido ao corpo clínico a partir do seu devido cadastro. Porém, o código de acesso ao SI da EC será de posse somente do engenheiro clínico responsável do EAS.

Tais características são apenas requisitos básicos destinados à segurança da informação. Porém, em sua implementação é necessário um aprofundamento do estudo, de modo que cada EAS, dentro de suas peculiaridades, avalie as ameaças à segurança da informação (confidencialidade, integridade e disponibilidade) e dimensione suas próprias medidas de segurança.

Neste contexto, é importante ressaltar três pontos acerca da segurança da informação (KOBAYASHI & FURUIE, 2007):

- A segurança da informação vai além dos recursos tecnológicos, onde são necessárias definições de boas práticas e treinamento dos recursos humanos;
- Não existe segurança total: o nível de segurança obtido depende do nível de confiança que se assume acerca das medidas nos níveis organizacional, pessoal e tecnológico;
- A segurança é um processo evolutivo e não um projeto rígido e fechado: a mesma evolução das tecnologias na saúde, que permite a criação de novas ameaças à segurança da informação, ao mesmo tempo desenvolve novos serviços e mecanismos de segurança. Assim, os critérios de segurança devem ser reavaliados periodicamente, e as medidas de segurança da informação devem ser atualizadas em função do surgimento de novas ameaças e mecanismos de segurança (SBIM, 2003); (ABRAHÃO, 2003).

8.2 Eficácia: Análise SWOT Aplicada à Proposta da PTAG

SWOT é um acrônimo das palavras em Inglês: *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças).

A análise SWOT é uma ferramenta de diagnóstico estratégico que pode ser aplicada a diferentes entidades, como: uma proposta, uma empresa, um país, uma pessoa, um setor de atividade, entre outras.

Neste tópico, a análise SWOT é aplicada à proposta da PTAG, onde para a sua concepção é necessário olhar para o interior e exterior de uma entidade. No ambiente interno devem ser identificados pontos fortes e pontos fracos, enquanto que no ambiente externo devem ser identificadas oportunidades e ameaças, conforme apresentado no Quadro 21.

Quadro 21 – Anagrama da Análise SWOT Aplicada à Proposta da PTAG.

Análise da Proposta da Plataforma		
	Fatores Positivos	Fatores Negativos
Fatores Internos	Forças: vantagens e capacidades que a plataforma pode oferecer aos EAS.	Fraquezas: fatores negativos à implantação da plataforma. Porém, passíveis de medidas internas para atenuarem ou controlarem estes fatores.
Fatores Externos	Oportunidades: fatores não controláveis pelos EAS e EC, mas que contribuem para tornar a proposta da plataforma viável.	Ameaças: fatores não controláveis pelos EAS e EC, e que podem inviabilizar a implantação da plataforma.

A partir desta concepção da ferramenta, levando em foco a análise da proposta da plataforma, foram identificados os fatores classificados como força, fraqueza, oportunidade e ameaça. Conforme é apresentado na Quadro 22.

Quadro 22 – Análise SWOT da PTAG.

Análise SWOT da PTAG	
Forças	Controle de entrada e saída das TMH nos EAS, e conseqüente prevenção de perdas e furtos;
	Auxílio na localização aproximada das TMH nos hospitais, contribuindo para o aumento da disponibilidade dos equipamentos e eficiência no atendimento;
	Aumento da visibilidade da EC sobre o parque tecnológico, e auxílio na realização do gTMH eficiente;
	Oferecer condições para a integração dos diversos EAS em um mesmo sistema ubíquo e onipresente;
	Aporte para a consolidação do novo paradigma do sistema de saúde.
Fraquezas	Necessidade de um investimento inicial para aquisição dos equipamentos RFID, infra-estrutura Wi-Fi e sistemas proprietários;
	Significativo tamanho das tags podem limitar a identificação de equipamentos de pequeno porte;
	Requer a manutenção periódica, como reparo e reposição de tags, gerenciamento da rede e trocas da bateria.
Oportunidades	Diminuição do custo da tecnologia RFID;
	Crescente preocupação das indústrias da tecnologia RFID em adequá-la a norma internacional de compatibilidade eletromagnética com equipamentos eletromédicos;
	Oferta de aplicações e customizações da tecnologia ao setor de cuidados à saúde;
	Crescente presença das TIC nos EAS, e integração com sistemas Wi-Fi;
Ameaças	Desenvolvimento de novas soluções para a tecnologia RFID, aumentando a vida útil da bateria das tags.
	Invasão da rede Wi-Fi através de pontos vulneráveis do protocolo de segurança;
	Para ferramentas que envolvam a identificação e localização de pessoas, a discussão de fatores que envolvam a privacidade devem ser levantados;
	Eventos de IEM em equipamentos eletromédicos presentes nos EAS que foram adquiridos antes de 2002, época na qual a norma NBR IEC 60601-1-2 não era vigente;
	Encarecimento da tecnologia por sistemas proprietários;
	Recente difusão da tecnologia RFID Wi-Fi no Brasil e inexistência de fabricantes nacionais, exigindo a importação da mesma.

8.3 Efetividade: Estudo da Efetividade de Aplicações Baseadas na Tecnologia RFID Aplicado à Proposta da PTAG

O estudo da efetividade da proposta da PTAG é baseado em evidências coletadas a partir de resultados obtidos de projetos correlatos.

As informações utilizadas neste estudo foram extraídas do relatório referente à adoção e implicação da tecnologia RFID nos EAS de sete países como ferramenta de auxílio ao gerenciamento de informações. Os países que constituíram o relatório foram: França, Alemanha, Irlanda, Polônia, Espanha, Itália e Reino Unido (European Commission, 2008).

De acordo com o relatório, dos noventa e cinco hospitais estudados que possuem mais de cinquenta profissionais atuantes, 10% possuem um sistema RFID na qual as aplicações variam entre o controle de equipamentos, gerenciamento do banco de sangue, controle de medicamentos, identificação de pacientes, entre outras. Enquanto que, 5% dos hospitais estudados encontram-se em fase de implementação de um sistema RFID, e 3% realizam projetos pilotos (European Commission, 2008).

Os hospitais que possuem algum tipo de aplicação da tecnologia RFID declaram que, dentre os motivos que impulsionaram a adoção da ferramenta de gerenciamento de informações usando RFID, os principais são apresentados no Gráfico 16.

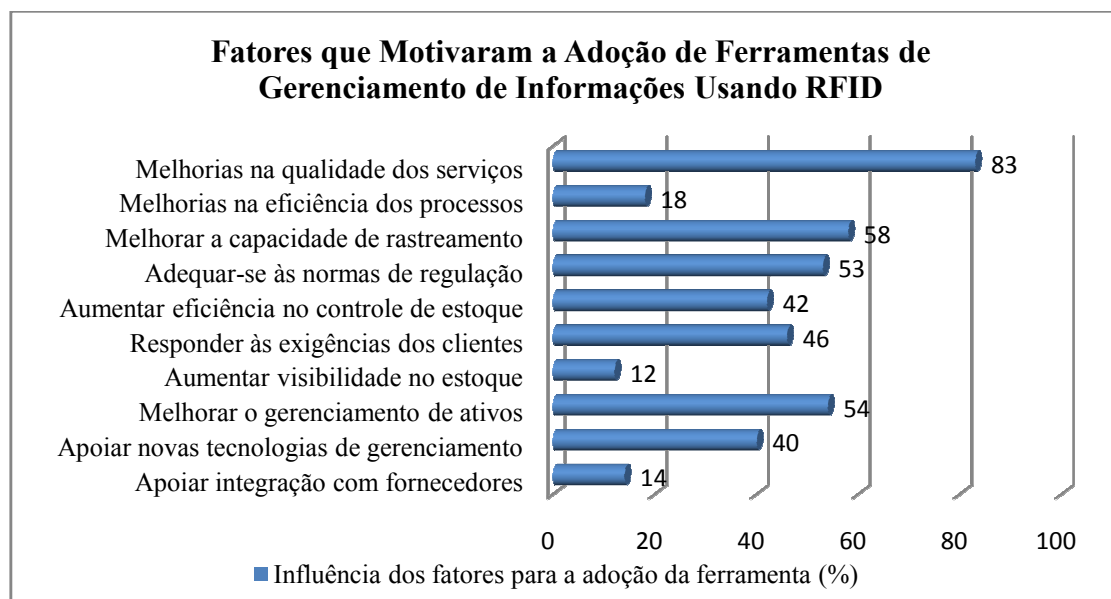


Gráfico 16 – Fatores que Motivaram a Adoção de Ferramentas de Gerenciamento de Informações Usando RFID.

Fonte: European Commission, 2008.

Segundo o relatório, e conforme apresentado no Gráfico 17, com a implantação de ferramentas baseadas na tecnologia RFID nos hospitais verificaram-se melhorias nos diversos processos relacionados ao gerenciamento de informações.

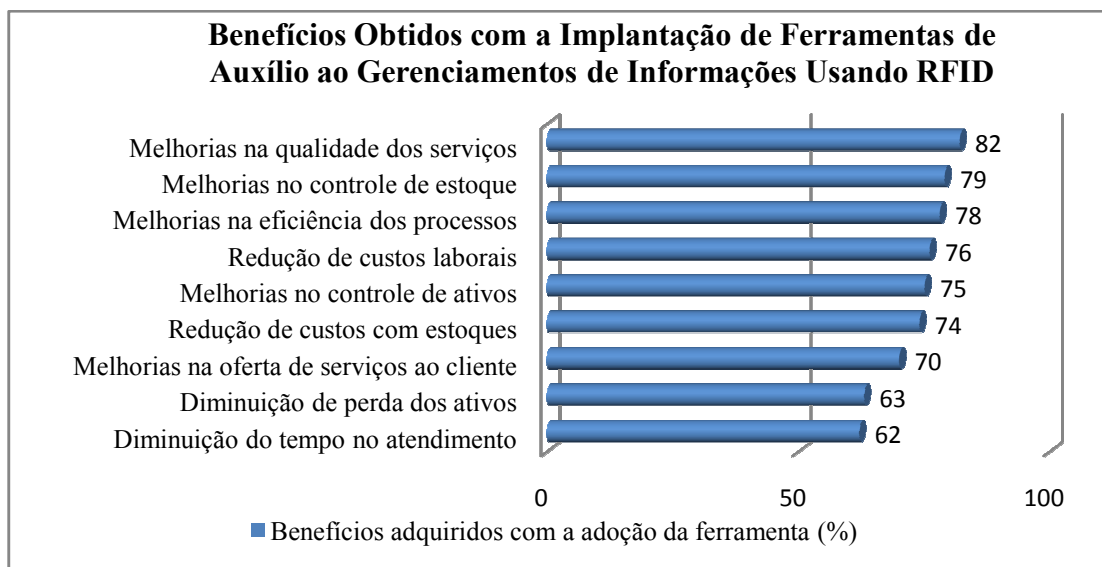


Gráfico 17 – Benefícios Obtidos Com a Implantação da Ferramenta de Gerenciamento de Informações Usando RFID.

Fonte: European Commission, 2008.

Dentre os hospitais estudados encontra-se o Motol University, maior hospital da República Tcheca, com aproximadamente cinco mil e quatrocentos profissionais, e dois mil e quatrocentos leitos. O referido hospital é foco do estudo de caso do relatório, por dispor de uma ferramenta de gTMH composto de cinco mil tags e terminais integrados ao SI do hospital, que objetivam em aumentar o controle e disponibilidade de seus ativos (European Commission, 2008).

Segundo o relatório, a implantação da ferramenta de gTMH no Motol University contribuiu para o aumento da visibilidade sobre a TMH, e aumento do fluxo e disponibilização das informações. E, a diminuição do tempo despendido pelo corpo clínico na localização das TMH possibilitou o retorno de investimento após seis meses da implantação da ferramenta (European Commission, 2008).

8.4 Impacto Econômico: Estudo de Retorno em Qualidade Aplicado à Proposta da PTAG

O retorno de investimentos (ROI) é um dos critérios decisivos para justificar o investimento em ferramentas baseadas em TIC. Principalmente no setor industrial (TOBIN, 2004).

Porém, no setor de cuidados à saúde o cálculo do ROI não é uma atividade trivial, uma vez que, em alguns casos, o retorno esperado não é apenas quantificado em valor financeiro, mas em qualidade de vida oferecida aos pacientes.

Por isto, a ferramenta proposta para mensurar o retorno que pode ser obtido com a implantação da PTAG é o Retorno de Investimentos em Qualidade, ou simplesmente Retorno em Qualidade (ROQ – *Return On Quality*), desenvolvida com características da ferramenta ROI que implica em auxiliar gestores na tomada de decisões sobre investimentos que visam, principalmente, o retorno qualitativo (RUST, ZAHORIK & KEININGHAM, 1995).

Na Figura 39 é apresentado um modelo, adaptado ao perfil dos EAS, para obtenção de retorno de investimentos em qualidade.

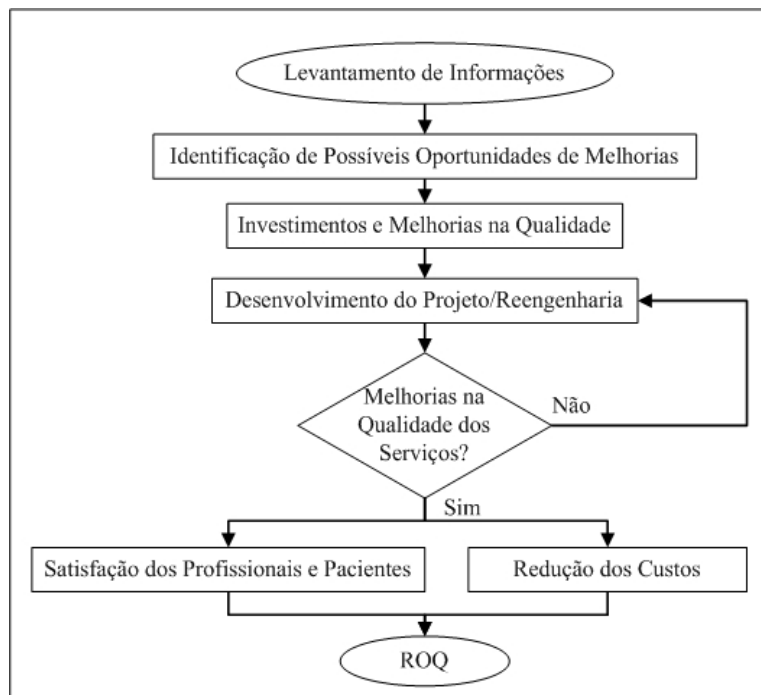


Figura 39 – Modelo Para a Obtenção do Retorno de Investimentos em Qualidade nos EAS.
Modificado de: RUST, ZAHORIK & KEININGHAM, 1995.

De acordo com o modelo, após a identificação de melhorias na qualidade dos serviços de cuidados à saúde, os resultados obtidos podem ser a satisfação dos pacientes e profissionais da saúde, como: médicos, enfermeiros, engenheiros clínicos e técnicos, bem como, em alguns casos, proporcionar a redução dos custos.

No caso da proposta da PTAG, o uso da ferramenta de ROQ se limita à revisão sistemática de evidências referentes aos investimentos necessários para a implantação da plataforma, e o seu potencial retorno qualitativo e financeiro.

A partir das evidências coletadas de projetos envolvidos na implantação de ferramentas baseadas na tecnologia RFID, foram levantados alguns dos investimentos necessários à implantação da plataforma. Os mesmos são apresentados no Quadro 23.

Quadro 23 – Alguns dos Investimentos Necessários à Implantação da PTAG.
Modificado de: SWEENEY, 2007.

Alguns dos Investimentos Necessários à Implantação PTAG	
Projeto e Desenvolvimento	Investimentos destinados ao projeto e desenvolvimento da plataforma.
<i>Hardware</i>	Investimentos destinados à aquisição de tags, pontos de acesso, infraestrutura da rede e servidor;
<i>Software</i>	Investimentos destinados à aquisição e licença dos aplicativos e customização das soluções;
Treinamento	Investimentos destinados ao treinamento dos profissionais que utilizarão a ferramenta;
Manutenção	Investimentos destinados à manutenção da plataforma, como <i>hardware</i> e <i>software</i> ;
Documentação do Sistema	Investimentos destinados à elaboração do manual técnico e documentação da ferramenta.

De acordo com o estudo realizado pela Comissão Européia, “RFID Adoção e Implicações”, das 75 empresas que implantaram uma ferramenta baseada na tecnologia RFID, 36% declaram que a maior parcela dos investimentos na implantação da ferramenta foi destinada à aquisição de *hardware*. Em igual porcentagem, 19% declaram que a maior parcela dos investimentos foi destinada à licença e customização dos *softwares*, e 19% ao projeto e desenvolvimento da ferramenta (European Commission, 2008). Tais valores são apresentados no Gráfico 18.

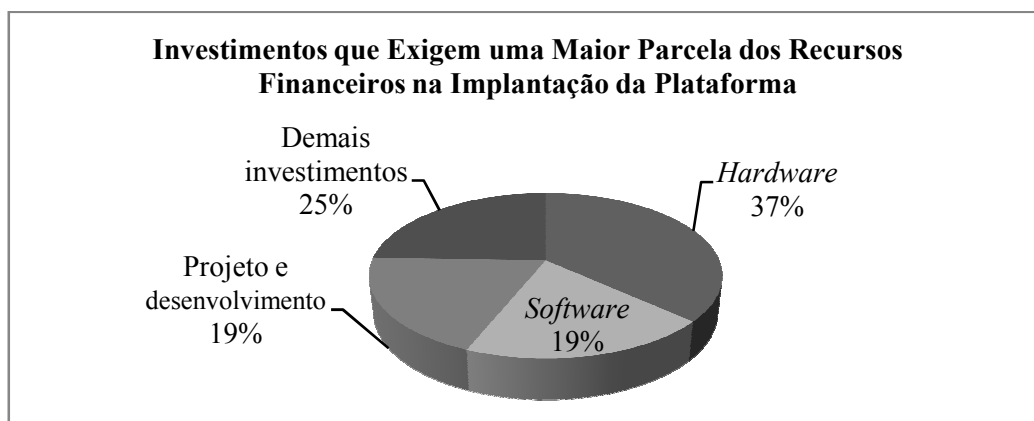


Gráfico 18 – Análise de Investimentos que Exigem uma Maior Parcela dos Recursos Financeiros na Implantação de Ferramentas Baseadas na Tecnologia RFID.
Modificado de: European Comission, 2008.

A divergência dos dados apresentados no Gráfico 18 é, em parte, resultado dos diferentes tipos de aplicações RFID abordados no estudo, onde cada aplicação possui características peculiares que podem influenciar na forma de como os investimentos serão alocados, desde seu projeto até sua implantação.

Na PTAG, os investimentos necessários para a implantação da mesma dependem dos seguintes fatores:

- Tempo e quantidade de profissionais integrados à equipe de projeto e desenvolvimento da plataforma;
- Área física determinada para a cobertura Wi-Fi dos EAS;
- Quantidade de TMH a serem identificadas;
- Exatidão desejada do sistema RTLS, que é diretamente relacionado à quantidade de pontos de acesso;
- Quantidade de tags com sensores de temperatura integrados;
- Contrato de licença do *software*;
- Quantidade de profissionais submetidos ao treinamento;
- Tempo de treinamento dos profissionais;
- Disponibilidade da infra-estrutura interna dos EAS, que poderá ser aproveitada pela plataforma, como a rede de comunicação interna.

Com isto, após a identificação de alguns investimentos necessários para a implantação da plataforma, os retornos qualitativos e financeiros que a mesma pode oferecer são apresentados no Quadro 24.

Quadro 24 – Retorno de Investimentos Qualitativo e Financeiro.

Retorno de Investimentos Qualitativo e Financeiro	
Retorno Qualitativo	Aumento da eficiência nos atendimentos;
	Aumento da agilidade no atendimento ao paciente;
	Oferecer suporte à TMH para realizar o atendimento móvel, onde estiver o paciente;
	Satisfação do corpo clínico devido à eficiência no atendimento ao paciente;
	Auxiliar o setor de EC na realização do gTMH eficiente;
	Oferecer condições da EC realizar o gTMH de forma remota.
Retorno Financeiro	Oferecer condições para a diminuição de perdas e furtos das TMH;
	Diminuição do tempo despendido pelos profissionais da saúde na procura pelas TMH;
	Diminuição de compra desnecessária de TMH motivada pela dificuldade na localização da mesma nos EAS;
	Evitar o desgaste prematuro de algumas TMH mais fáceis de serem localizadas, enquanto outras mais difíceis de serem localizadas são sub-utilizadas.

8.5 Impacto Ético: Privacidade e Direitos Pessoais Envolvendo a Tecnologia RFID

Assim como outras TIC com comunicação sem fio, o RFID possui um considerável potencial de violação da privacidade. Isto se deve, principalmente, ao tamanho reduzido de alguns tipos de tags e à capacidade de leitura das mesmas de forma remota, que possibilitam a localização e identificação de pessoas, muitas vezes sem seu próprio consentimento (MAJORAS, SWINDLE, LEARY *et al*, 2005), (European Commission, 2008).

De fato, as tags podem ser anexadas dissimuladamente em objetos e até em pessoas para realizar seu rastreamento e identificação sem autorização. Tal potencial, segundo especialistas na área de RFID, pode restringir o uso da tecnologia em aplicações que envolvam a identificação de seres humanos e objetos portados por eles (MAJORAS, SWINDLE, LEARY *et al*, 2005), (GARFINKEL, JUELES & PAPPU, 2005).

Por isso, mesmo que a proposta de plataforma se limite ao gerenciamento de TMH, não se aplicando à identificação e localização de seres humanos, este assunto é levado em

pauta dada a possibilidade, em projetos futuros, de incorporar à plataforma as aplicações de identificação e localização de pacientes e profissionais da saúde.

Uma revisão sistemática evidenciou que este tema já vinha sendo discutido e, nos últimos anos, o mesmo ganhou especial atenção. Como consequência, algumas medidas tem sido estudadas e propostas visando diminuir ou, ao menos, minimizar os efeitos da invasão de privacidade de seres humanos gerada pelo uso da tecnologia RFID. Tais medidas são (MAJORAS, SWINDLE, LEARY *et al*, 2005), (HUNT, PUGLIA & PUGLIA, 2007), (GARFINKEL, JUELES & PAPPU, 2005):

- Transparência: a aplicação da ferramenta de identificação de pessoas e objetos deve ser aberta e transparente ao conhecimento dos pacientes e profissionais;
- Especificação da proposta: as pessoas identificadas pelo sistema RFID devem ser esclarecidas sobre os motivos pelo uso do sistema de identificação;
- Limitação das informações: as informações coletadas e armazenadas dos seres humanos devem ser limitadas somente às necessidades da proposta;
- Limitação das informações nas tags: sempre que possível, deve-se optar pelo armazenamento das informações no SI da EC, ao invés do armazenamento na memória da tag;
- Aceitabilidade dos usuários: deve ser oferecida às pessoas a capacidade de aceitar ou rejeitar sua identificação através das tags RFID;
- Limitação da cobertura: o sistema de identificação deve se limitar somente à área do EAS, desativando as tags em áreas fora dos seus limites físicos.

9 APÊNDICE C: QUESTIONÁRIO APLICADO NO ESTUDO DE CASO RELACIONADO ÀS ATIVIDADES DE gTMH EM HOSPITAIS

NOME DO ENTREVISTADO: _____

FUNÇÃO REALIZADA NO HOSPITAL: _____

TEMPO DE ATUAÇÃO PROFISSIONAL NO HOSPITAL:

- ☐ menos de 1 ano
- ☐ entre 1 e 2 anos
- ☐ entre 2 e 5 anos
- ☐ mais de 5 anos

1. OS EQUIPAMENTOS MÉDICOS SÃO IDENTIFICADOS NO HOSPITAL ATRAVÉS DE:

- ☐ etiqueta contendo número patrimonial
- ☐ etiqueta contendo uma identificação em código de barras
- ☐ etiqueta contendo o número patrimonial e um código de barras
- ☐ outros meios de identificação, como: _____

2. CASO A IDENTIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS SEJA REALIZADA ATRAVÉS DE UMA ETIQUETA CONTENDO UM NÚMERO PATRIMONIAL E/OU UM CÓDIGO DE BARRAS, QUAIS OUTRAS INFORMAÇÕES EXISTEM NA ETIQUETA?

- ☐ nome do equipamento
- ☐ nome do hospital
- ☐ nome do setor que o equipamento pertence
- ☐ outras informações, como: _____

3. QUAL PROCEDIMENTO É REALIZADO PARA RETIRADA DOS EQUIPAMENTOS DO HOSPITAL?

- ☐ nenhum
- ☐ ordem de serviço – O.S.
- ☐ termos de retirada
- ☐ Outros: _____

4. DESCONSIDERANDO OS PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÕES, OS EQUIPAMENTOS SAEM DO HOSPITAL POR ALGUM OUTRO MOTIVO ALÉM DAS NECESSIDADES HOSPITALARES?

- ☐ sim
- ☐ não

5. SE SIM, JÁ OCORREU A PERDA DE ALGUM EQUIPAMENTO DESDE QUANDO COMEÇOU A TRABALHAR NO HOSPITAL?

- () não
() sim, 1 vez
() sim, 2 vezes
() sim, de 2 a 5 vezes
() sim, mais de 5 vezes

Quais: _____

6. DENTRO DO HOSPITAL, EXISTE DIFICULDADE NA LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS NOS SETORES?

- () não
() sim

7. SE SIM; NA SUA OPNIÃO, QUAIS OS EQUIPAMENTOS MAIS DIFÍCEIS DE SEREM LOCALIZADOS? (numere por ordem de equipamentos mais difíceis de serem localizados)

- () esfigmomanômetro
() estetoscópio
() oxímetro de pulso
() eletrocardiógrafo
() Outros: _____

8. SE EXISTE DIFICULDADE NA LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DENTRO DO HOSPITAL, QUAL O PRINCIPAL MOTIVO PELA DIFICULDADE?

- () necessidade de deslocar os pacientes entre os setores junto com os equipamentos
() necessidade de substituição de um equipamento quebrado nos finais de semana ou plantões onde não há um técnico para efetuar o reparo
() deslocamento dos equipamentos devido aos procedimentos de esterilização dos mesmos
() Outro: _____

9. GOSTARIA DE ACRESCENTAR ALGUMA INFORMAÇÃO OU OPNIÃO A RESPEITO DOS PROCEDIMENTOS DE GERENCIAMENTO DOS EQUIPAMENTOS OU EM RELAÇÃO AO QUESTIONÁRIO?

- () não
() sim:

10 APÊNDICE D: QUESTIONÁRIO APLICADO NO ESTUDO DE CASO RELACIONADO ÀS ATIVIDADES DE gTMH EM APH

NOME DO ENTREVISTADO: _____

FUNÇÃO REALIZADA NO ATEND. PRÉ HOSPITALAR: _____

10. TEMPO DE ATUAÇÃO PROFISSIONAL NO ATENDIMENTO PRÉ-HOSPITALAR:

- ☐ menos de 1 ano
- ☐ entre 1 e 2 anos
- ☐ entre 2 e 3 anos
- ☐ entre 3 e 5 anos
- ☐ mais de 5 anos

11. CASO ATUE DIRETO EM UMA AMBULÂNCIA, QUAL TIPO DE AMBULÂNCIA ATUA?

- ☐ USA – UNIDADE DE SUPORTE AVANÇADO
- ☐ USB – UNIDADE DE SUPORTE BÁSICO

12. **DESCONSIDERANDO EQUIPAMENTOS DE PEQUENO PORTE OU EQUIPAMENTOS DESCARTÁVEIS.** DESDE QUE ATUA NO SAMU, JÁ OCORREU A PERDA DE ALGUM EQUIPAMENTO?

- ☐ sim
- ☐ não

13. CASO JÁ TENHA OCORRIDO A PERDA DE ALGUM EQUIPAMENTO, COM QUE FREQUÊNCIA ISTO OCORRE?

- ☐ todo dia
- ☐ pelo menos, 1 vez por semana
- ☐ pelo menos, 1 vez por mês
- ☐ pelo menos, 1 vez por ano.

14. LISTE, POR ORDEM DE FREQUÊNCIA, QUAIS EQUIPAMENTOS MAIS COMUNS DE SEREM PERDIDOS:

- 1º: _____
- 2º: _____
- 3º: _____
- 4º: _____
- 5º: _____

15. EM SUA OPNIÃO, QUAL O PRINCIPAL MOTIVO PELA OCORRÊNCIA DA PERDA DOS EQUIPAMENTOS?

16. JÁ OCORREU O ESQUECIMENTO DE ALGUM EQUIPAMENTO NO LOCAL DO ATENDIMENTO?

- ☐ não
- ☐ sim, 1 vez
- ☐ sim, 2 vezes
- ☐ sim, de 2 a 5 vezes
- ☐ sim, mais de 5 vezes

17. QUANTAS VEZES É REALIZADO O CHECKLIST DAS AMBULÂNCIAS POR DIA?

- ☐ 1 vez
- ☐ 2 vezes
- ☐ 3 vezes
- ☐ 4 vezes
- ☐ mais de 4 vezes

18. EM MÉDIA, QUANTO TEMPO É NECESSÁRIO PARA A REALIZAÇÃO DO CHECK LIST?

- ☐ 5 minutos
- ☐ 10 minutos
- ☐ 15 minutos
- ☐ 20 minutos
- ☐ 30 minutos ou mais

19. EM SUA OPNIÃO, CONSIDERA INTERESSANTE O DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA AUXÍLIO DOS PROFISSIONAIS DO SAMU NO CONTROLE DOS EQUIPAMENTOS MÉDICOS DAS AMBULÂNCIAS?

- ☐ sim
- ☐ não

Motivo de sua resposta: _____

20. GOSTARIA DE ACRESCENTAR ALGUMA INFORMAÇÃO OU OPNIÃO A RESPEITO DOS PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DOS EQUIPAMENTOS NAS AMBULÂNCIAS OU EM RELAÇÃO AO QUESTIONÁRIO?

- ☐ não
- ☐ sim

Comentários: _____

11 APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO APLICADO PARA AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

Objetivo: o objetivo deste questionário é realizar uma avaliação da plataforma de auxílio ao gTMH mediante as interações dos usuário, especialistas da área, com um protótipo.

NOME DO ESPECIALISTA: _____

Instruções Para Avaliação do Protótipo:

1. Em frente ao *notebook* conectado à rede do IEB-UFSC, dê um duplo clique sobre o ícone “Vision” indicado no *desktop*.
2. Inserir os dados para efetuar o *login*:
 - a. usuário: **admin**.
 - b. senha: **admin**.
3. Para localizar a bomba de infusão, digite na tela inicial da interface do protótipo, no campo da janela “*find*”, as palavras “B. Infusão Azul” e pressione “*enter*”. Com isto, serão disponibilizadas as seguintes informações: número de série da tag, nome do equipamento, mapa em que o equipamento se encontra, localização aproximada do equipamento, tempo em que ocorreu a última comunicação entre a tag e o servidor e o nível da bateria.
4. Clique sobre o equipamento e selecione a opção “*view on the map*” para visualizar a localização aproximada do equipamento no mapa.
5. Após verificar a localização aproximada do equipamento, feche a janela do mapa.
6. Pegue a bomba de infusão em cima da mesa do auditório e a deixe sobre a mesa da sala de aula, indicada pelo ponto “A” na figura 01, **ou** sobre a mesa do hall, indicada pelo ponto “B” da figura 01.

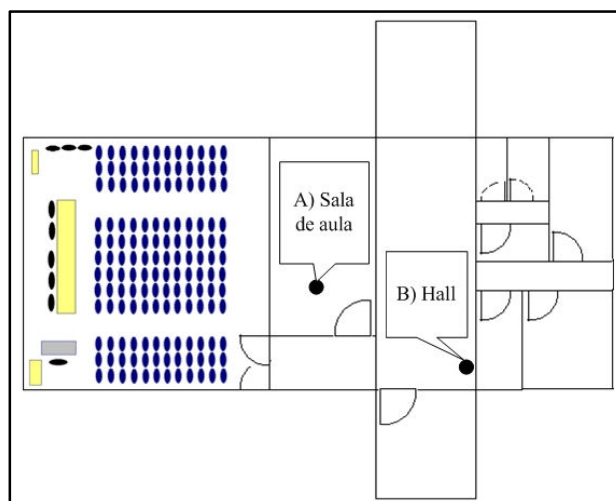


Figura 01 – Mapa Para Auxílio no Posicionamento do Equipamento na Sala de Aula ou no Hall.

7. Repita a etapa número 4 e visualize no mapa a localização aproximada do equipamento.
8. Retorne a bomba de infusão à mesa do auditório.
9. Pressione o botão azul da tag por, aproximadamente, 2 segundos e verifique se um *pop-up* contendo uma solicitação de apoio à Engenharia Clínica aparece na tela da interface.
10. Feche a janela do *pop-up* contendo a solicitação de auxílio à Engenharia Clínica.
11. No lado esquerdo da tela, clique sobre a lista “Zone” e, em seguida, após a rolagem de itens disponíveis para seleção, clique sobre o item “Auditório” e pressione o botão “Find” verificando se os equipamentos presentes no auditório são identificados corretamente.
12. No mesmo topo da interface, clique sobre o ícone “Events” e verifique se os eventos ocorridos com o equipamento foram registrados contendo as informações: tipo do evento, mapa em que ocorreu o evento, local aproximado e a hora que o evento foi informado.
13. Após as etapas devidamente realizadas, responda às perguntas a seguir, **atribuindo valores entre 0 e 100**, para avaliação do protótipo em relação à sua interface, hardware e funcionalidades.

AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO:

1. Sabendo que as tags serão implantadas na superfície externa dos equipamentos eletromédicos que variam desde pequeno porte, como esfigmomanômetro, até equipamentos de grande porte, suas dimensões físicas e peso devem ser considerados insignificantes, de modo a não atrapalhar no manuseio do equipamento. Você considera as dimensões físicas e o peso das tags:

- ☐ Muito significativa (76-100)
- ☐ Significativa (51-75)
- ☐ Insignificante (26-50)
- ☐ Muito insignificante (0-25)

Comentários: _____

2. Em relação às funcionalidades, um dos requisitos do protótipo é identificar a tecnologia médico-hospitalar (TMH) de forma remota (em outros ambientes). De acordo com as simulações realizadas no protótipo, você classificaria a capacidade do protótipo em realizar a identificação remota das TMH como:

- ☐ Muito boa (76-100)
- ☐ Boa (51-75)
- ☐ Ruim (26-50)
- ☐ Muito ruim (0-25)

Comentários: _____

3. Sendo a localização aproximada da TMH outro requisito do protótipo, como você classifica a capacidade do mesmo em realizar a localização aproximada da TMH?

- ☐ Muito boa (76-100)
- ☐ Boa (51-75)
- ☐ Ruim (26-50)
- ☐ Muito ruim (0-25)

Comentários: _____

4. Durante a simulação realizada de transportar a bomba de infusão do auditório até a sala de aula ou até o hall, é requisito do protótipo identificar a saída da TMH de um determinado setor e gerar alertas à Engenharia Clínica em relação a este evento. Como você classifica a capacidade do protótipo em realizar este requisito?

- ☐ Muito boa (76-100)
- ☐ Boa (51-75)
- ☐ Ruim (26-50)
- ☐ Muito ruim (0-25)

Comentários: _____

5. Ao pressionar um dos botões da tag, a mesma foi configurada para enviar uma solicitação de auxílio à Engenharia Clínica caso os demais profissionais da saúde necessitem de suporte. Analisando a efetividade da função, o atraso entre o pressionar do botão até a chegada do alerta à Engenharia Clínica e as informações disponibilizadas no alerta, como o nome do equipamento e localização aproximada, como você classifica a capacidade do protótipo em realizar esta funcionalidade?

- ☐ Muito boa (76-100)
- ☐ Boa (51-75)
- ☐ Ruim (26-50)
- ☐ Muito ruim (0-25)

Comentários: _____

6. Além da identificação de eventos, a armazenagem destes eventos é importante para a posterior análise do histórico de eventos dos equipamentos. Considerando a capacidade

do protótipo em armazenar o histórico dos eventos e suas informações pertinentes, como data, horário, tipo de evento e local aproximado. Como você classifica esta capacidade?

- ☐ Muito boa (76-100)
☐ Boa (51-75)
☐ Ruim (26-50)
☐ Muito ruim (0-25)

Comentários: _____

7. Um dos objetivos da proposta de mestrado é integrar soluções baseadas em tecnologias da informação e comunicação às necessidades da Engenharia Clínica de modo a aumentar sua visibilidade e atuação sobre a TMH. De modo geral, de acordo com suas percepções em relação ao protótipo e suas funcionalidades, você classifica a capacidade da proposta em oferecer condições de auxiliar a Engenharia Clínica na realização de algumas atividades atreladas ao gerenciamento das tecnologias médico-hospitalares como:

- ☐ Muito boa (76-100)
☐ Boa (51-75)
☐ Ruim (26-50)
☐ Muito ruim (0-25)

Comentários: _____

8. Caso seja de seu interesse, este espaço é reservado para serem acrescentadas informações, opiniões ou críticas a respeito do protótipo ou da proposta de plataforma para auxílio ao gerenciamento da TMH.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMO – Agência Brasileira da Indústria de Artigos e Equipamentos Médicos, Odontológicos, Hospitalares e de Laboratórios. Disponível em: <www.abimo.org.br>. Acesso em: 01 dez. 2008.

ABRAHÃO, M. S. A Segurança da Informação Digital na Saúde. In: Publicação Oficial do Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein. 2. ed. São Paulo: Einstein, 2003.

AEROScout. AeroScout Enhances Industry's Leading Wi-Fi-Based Active RFID Tag: Innovative and Enhanced Capabilities Extend AeroScout Leadership in Healthcare. Florida: Manufacturing & Logistic, 2006.

ALBORNOS, L. J. C. ; OJEDA, R. G. A importância da análise do ciclo de vida no gerenciamento da tecnologia médico-hospitalar. In: XIII Congreso Chileno de Ingeniería Eléctrica, 1999, Santiago de Chile. Anales. Santiago de Chile : Universidade de Santiago de Chile, 1999. p. 402-406.

ALMEIDA, R. T. ; HJORTSWANG, H. ; STÖM, M. ; ALMER, S. ; PERSSON, J. . Technology Assessment using the Association between Outcome Measures and Patterns of Illness Severity. Medical & Biological Engineering & Computing **JCR**, v. 35, p. 386-390, 1997.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 11 – Dispõe sobre o regulamento técnico de funcionamento de serviços que prestam Atenção Domiciliar. Diário Oficial da União: ANVISA, 2006^b.

BERWICK, D. Hospital Risk From Radio Tags. Institute for Healthcare Improvement. Reino Unido: BBC News, 2008. Disponível em: <<http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/7471008.stm>>. Acesso em: 23 nov. 2009.

BRONZINO, J. D.; 2004. Clinical Engineering: Evolution of a Discipline. Section I. In: DYRO, Joseph F. Clinical Engineering Handbook. Nova York: Elsevier Academic Press, 2004. p. 3-7.

BRUNS, B; DIMANTHA, S. Evaluating EMI in a Multi-Hospital Facility. Association for Advancement Hospital Instrumentation. IT Horizons. Disponível em: <www.aami.org>. Acesso em: 05 fev. 2008.

BURNELL, J. Cisco, Aeroscout Team to Market WiFi RFID. RFID Update – The RFID Industry Daily. Alexandria, 2007. Disponível em: <<http://www.rfidupdate.com/articles/index.php?id=1290>>. Acesso em: 24 Ago. 2009.

CABRAL, S. C. B. ; MUHLEN, S. S. Interferência Eletromagnética em Equipamento Médico Ocasionada Por Telefonia Móvel Celular. Revista brasileira de engenharia biomédica, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 141-149, 2002.

CABRAL, S. C. B. ; MUHLEN, S. S. Estudo da Interferência Eletromagnética em uma UTI Pediátrica. In: Congresso Latino Americano de Engenharia Biomédica, 2004, João Pessoa. Livro de Resumos - Programa Científico, 2004. p. 56-56.

DALTON, J.; KIM, I.; LIM, B. RFID Technology in Neonatal Care. In: White Paper by Intel Corporation, LG CNS, ECO Inc e WonJu Christian Hospital. Intel Corporation: WonJu, 2005.

CEGED-TMH – Centro de Gestão de Tecnologia Médico-Hospitalar. Instituto de engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.ieb.ufsc.br/engclin/cegedtmh/>>. Acesso em: 24 Ago. 2009.

COHEN, T. Medical and Information Technologies Converge – The Impact on Clinical Engineering. In: IEEE - Engineering in Medicine and Biology Magazine, ano 2004, n. 23, p. 59 – 65.

DECIT – DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Avaliação da Tecnologia em Saúde: Institucionalização das Ações no Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência e Tecnologia e Insumos Estratégicos do Ministério da Saúde. Esplanada do Ministério: Brasília, 2006.

DOLOR, A. L. T. Atendimento Pré-Hospitalar: Histórico do Papel do Enfermeiro e os Desafios Ético-Legais. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2008.

EHALTH INSIDER. Germany Joins Hospital RFID Pilot. Londres, 2005. Disponível em: <http://www.e-health-insider.com/News/1177/germany_joins_hospital_rfid_pilots>. Acesso em: 26 fev. 2008.

EKAHAU. Ekahau Real Time Location System. Disponível em: <<http://www.ekahau.com/products/real-time-location-system/wi-fi-tags.html>> Acesso em: <26 maio, 2009>.

EUROPEAN COMMISSION. RFID Adoption and Implications. Study Report, n. 07. IDC/Global Retail Insights: 2008.

FILHO, R. M.. Prototipação de Sistemas de Informações: Fundamentos, Técnicas e Metodologia. Livros Técnicos e Científicos Editora. Rio de Janeiro: 1990.

GARFINKEL, S. L.; JUELES, A.; PAPPU, R.. RFID Privacy: An Overview of Problems and Proposed Solutions. IEEE Security & Privacy, n. 3, p. 34 – 43, 2005.

GLOVER, B.; BHATT, H.. Fundamentos de RFID. Alta Books: Rio de Janeiro, 2007.

HAMALAINEN, M.; PIRINEN, P.; SHELBY, Z.. Advanced Wireless ICT Healthcare. IEEE – Institute of Electrical and Electronic Engineers. 16º International Workshop on Imaging Systems and Techniques, p. 1-5, 2007.

HUNT, V. D.; PUGLIA, A.; PUGLIA, M.. RFID – A Guide to Radio Frequency Identification. Wiley & Sons, Inc. Wiley Interscience: New Jersey, 2007

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa de Assistência Médico-Sanitária, 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 01 dez. 2008.

IDTECHEX – RESEARCH, ANALYSIS & EVENTS. Rapid Adoption of RFID in Healthcare. Londres, 2006. Disponível em: <http://www.idtechex.com/research/articles/rapid_adoption_of_rfid_in_healthcare_00000470.asp>. Acesso em: 28 Ago. 2009.

JUNIOR, Levi Ferreira Lima. A Tecnologia de RFID no Padrão EPC e Soluções para Implementação Desta Tecnologia em Empilhadeiras. Monografia do Curso de Pós-Graduação. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2006.

JUNIOR, W. V.; RAIZER, A.. Avaliação do Ambiente Eletromagnético em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica, v. 24, p. 215-227, 2008.

KOBAYASHI, Luiz Otávio Massato ; FURUIE, S. S. . Segurança em informações médicas: visão introdutória e panorama atual. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica, v. 23, p. 53-77, 2007.

LEME, E. O.. Home Care no Brasil. Portal Home Care. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.portalthomecare.com.br/pagina.php?pagina=7>>. Acesso em: 12 Março 2009.

LOPES, S. L. B.; FERNANDES, R. J.. Uma Breve Revisão do Atendimento Médico Pré-Hospitalar. Medicina (Ribeirão Preto), v. 32, p. 321-327, 1999.

MAJORAS, Deborah Platt; SWINDLE, Orson; LEARY, Thomas B. et al; 2005. Radio Frequency Identification: Applications and Implications for Consumer. A Workshop Report from the Staff of Federal Trade Commission. Federal Trade Commision. New Jersey.

MEDEIROS, E.. Desenvolvendo Software Com UML Definitivo. Pearson Makron Books: São Paulo, 2004.

MESTAS, C. A.; CALIL, S. J.. Riscos e Perigos na Utilização de equipamento medico nos serviços de atendimento domiciliar. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2008, Salvador. Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, p. 1-4, 2008.

MOORE, B. Real Time Locating System (RTLS) Benefit Healthcare Provider. RFID Solutions Online. Warrendale, 2005. Disponível em: <<http://www.rfidsolutionsonline.com/article.mvc/Real-Time-Locating-Systems-RTLS-Benefit-Healt-0001>>. Acesso em: 24 Ago. 2009.

MOORE, Bert. “RFID in Healthcare: Risk or Benefit?”. Association of Automatic Identification and Mobility. Julho, 2008. Disponível em: <<http://www.aimglobal.org/members/news/templates/template.aspx?articleid=3283&zoneid=24>>. Acesso em: 02 Dez. 2009.

MORAES, L.; GARCIA, R.; ENSSLIN, L.; CONCEIÇÃO, M. J.; CARVALHO, S. M.. The Multicriteria Analysis for Construction of Benchmarks to Support the Clinical Engineering in the Healthcare Technology Management. European Journal of Operational Research, 2009.

MUHLEN, S. S.. Gerenciamento das Interferências Eletromagnéticas em Hospitais: Considerações e Aspectos Atuais. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB, 2008, Salvador, p. 140.

NEAD – NÚCELO NACIONAL DAS EMPRESAS DE SERVIÇO DE ATENÇÃO DOMICILIAR. Disponível em: <<http://www.neadsaude.org.br/>>. Acesso em: 20 Março 2009.

NEU-SC – NÚCLEO DE EDUCAÇÃO EM URGÊNCIAS DE SANTA CATARINA. Disponível em: <<http://neu.saude.sc.gov.br/>>. Acesso em: 26 Março 2009.

O'CONNOR, M. C.. RFID Meets Wi-Fi. RFID Journal. Nova York, 2007. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/202>>. Acesso em: 24 Ago. 2009.

PHARMA INDUSTRY REPORT. RFID. Track and Trace System. Saint Louis, 2006. Disponível em: <<http://www.feedforward.com.au/pharma-article-RFID.htm>>. Acesso em: 17 set. 2008.

RIDGWAY, M. G.; JOHNSTON, G. I.; McCLAIN, J. P.. History of Engineering and Technology in Health Care. Section I. In: DYRO, J. F. Clinical Engineering Handbook. Nova York: Elsevier Academic Press, 2004. p. 7-10, 2004.

RUST, R. T.; ZAHORIK, A. J., KEININGHAM, T. L. Return on Quality (ROQ): Making Service Quality Financially Accountable. Artigo Publicado no Journal of Marketing, vol. 58, p. 58-70, 1995.

SBIM – Serviço de Bioestatística e Informática Médica. “Segurança em Sistemas de Informação na Saúde”. Faculdade de Medicina. Universidade do Porto, 2003.

SÔNEGO, F. S.; AVELAR, P. S.; GARCIA, R.. Estudo dos Métodos de Avaliação de Tecnologias em Saúde Aplicada a Equipamentos Eletromédicos. In: XVII Congresso de la Asociacion Chilena de Control Automatico (Acca), 2007.

SUPPLY INSIGHT. RFID Applications in Hospital Equipment Tracking. 2006. Disponível em: <http://www.supplyinsight.com/RFID_in_Hospital_Equipment_Tracking.htm>. Acesso em: 26 fev. 2008.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C.. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. Revista Brasileira de Fisioterapia, v. 11, p. 83-89, 2007.

SCHER, B. RFID, Passive or Active. Dynasys Technologies. Disponível em: <http://rfidusa.com/superstore/product_info.php?manufacturers_id=10&products_id=587> Acesso em: 18 dez. 2009.

SWEENEY, P. J.. RFID for Dummies – A Reference for the Rest of Us. Wiley Publishing Inc: Indianápolis, 2007.

TANNER, L. Wireless Medical Systems Can Disrupt Med Devices. USA Today: Chigado, 2008. Disponível em: < http://www.usatoday.com/news/health/2008-06-24-2978059990_x.htm>. Acesso em: 17 out. 2009.

TAVOLARI, C. E. L.; FERNANDES, F.; MEDINA, P.. O Desenvolvimento do “Home Care” no Brasil. In: Revista de Administração em Saúde, vol.3, n. 9. São Paulo, 2000.

TOBIN, T.. The Insider’s Guidance to Knowledge Management ROI – Quantifying Knowledge Enabled Customer Service and Support. ServiceWare White Paper: Fevereiro, 2004.

ZAMBUTO, R. P.. Clinical Engineering. In: DYRO, Joseph, F. Clinical Engineering Handbook. Nova York: Elsevier Academic Press, 2004. p. 1-2.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. Prehospital Care Trauma System. WHO: Geneve, 2005.

WYLD, D. C.. RFID 101: The Next Big Thing for Management. IEEE Engineering Management Review: Florida Institute of Technology. Vol. 35, n. 2, 2007.